

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 775**

51 Int. Cl.:

G01S 13/91 (2006.01)

G01S 7/41 (2006.01)

G08G 1/015 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2013 E 13179175 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 2698648**

54 Título: **Procedimiento de clasificación de vehículos en movimiento**

30 Prioridad:

14.08.2012 DE 102012107445

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

04.06.2020

73 Titular/es:

JENOPTIK ROBOT GMBH (100.0%)

Opladener Straße 202

40789 Monheim, DE

72 Inventor/es:

LEHNING, MICHAEL y

PRÖFROCK, DIMA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 764 775 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 de clasificación de vehículos en movimiento.

La invención se refiere a un procedimiento de clasificación de vehículos, tal como éste es conocido genéricamente por la patente EP 2 011 103 B1.

5 La clasificación de vehículo en tráfico fluido presenta un amplio espectro de aplicaciones. Particularmente en el marco de una vigilancia y regulación automatizadas del tráfico viario se adjudica una importancia especial a la clasificación aproximada automática para distribuir los vehículos en vehículos grandes y más lentos (camiones, autobuses) y vehículos más pequeños y más rápidos (turismos). Según la clase de vehículo capturada, se tiene que se puede de manera diferenciada, por ejemplo según clases de vehículos, elevar tasas de peaje, regular semáforos o sancionar infracciones de tráfico.

10 En los procedimientos conocidos por el estado de la técnica para realizar una clasificación aproximada de vehículos, la asignación a una clase de vehículo se efectúa frecuentemente mediante la obtención de la longitud individual de un vehículo en base a la entrada y la salida de un vehículo en la zona de medida de un equipo de medida. Por medio de procedimientos de evaluación se puede generar con seguridad suficiente a partir de las señales recibidas una característica evaluable para la longitud del vehículo que permita una asignación de los vehículos a la clase de los autobuses o camiones o a la clase de los turismos. A este fin, los dispositivos conocidos trabajan con bucles de inducción que realizan la clasificación en base a la longitud y altura sobre suelo de los vehículos obtenidas al circular éstos, o con aparatos de radar que realizan la clasificación en base al paso del vehículo por el cono del haz del radar (cono de radar) por medio de una longitud del vehículo obtenida a partir de la duración de este paso y la velocidad.

15 En un procedimiento divulgado en el documento EP 1 990 654 A1 la obtención de la longitud del vehículo se efectúa por medio de un aparato de radar instalado en ángulo agudo con un lateral de la calzada. Con ayuda de los puntos de distancia obtenidos al entrar y salir el vehículo y del ángulo de instalación conocido se puede obtener la longitud del trayecto de paso del vehículo por el cono del radar. A partir de la velocidad obtenida del vehículo y del tiempo de paso se puede obtener el trayecto total recorrido en este tiempo por el vehículo. Por tanto, a partir de la diferencia del trayecto total y del trayecto de paso se puede calcular la longitud del vehículo y se puede clasificar el vehículo capturado mediante una comparación con las longitudes de vehículo típicas para una clase. Con este procedimiento no se pueden anular las influencias de errores resultantes del ocultamiento mutuo de vehículos.

20 En un procedimiento descrito en el documento DE 38 10 357 A1 la clasificación se efectúa también con ayuda de la longitud obtenida del vehículo. A este fin, durante el paso de un vehículo por el cono de un aparato de radar se recoge primero un eco Doppler y a partir del espectro de frecuencia de éste se obtiene la frecuencia con una amplitud máxima. Con ayuda de esta frecuencia se obtiene una velocidad. A partir de la velocidad y la duración de la señal del eco Doppler se puede obtener entonces la longitud del vehículo. La medición de la longitud del vehículo en función de la duración de la señal está ligada a varias influencias de errores. Dado que la radiación del radar es reflejada por una superficie de un tamaño dependiente de la longitud del vehículo, la duración de la señal se captura en principio falseada en la medida de la longitud del vehículo. Asimismo, las sombras de la radiación del radar en partes de los vehículos dirigidas oblicuamente hacia éstos conducen a una medición de longitud falseada. Para aumentar la precisión de la medición de longitud se emplea un factor de corrección obtenido separada y empíricamente para cada magnitud de influencia. La clasificación se efectúa finalmente mediante la comparación de la evolución temporal corregida del eco Doppler con la de patrones almacenados e identificados. Sin embargo, la longitud obtenida del vehículo es en último término tan solo una estimación muy aproximada en la que pueden producirse fácilmente resultados de clasificación erróneos.

25 Una hipotética posibilidad para realizar la clasificación de vehículos sin una captura directa de la longitud del vehículo se describe en la patente EP 2 011 103 B1. Con un aparato de radar se orienta un haz de radar a lo largo de una vía de tráfico. Se emplea un aparato de radar CW modulado linealmente en frecuencia con el que se pueden obtener velocidades y distancias de participantes del tráfico. Las señales reflejadas por participantes del tráfico se separan del ruido y se evalúan en un equipo de procesamiento de datos. Como resultado de este procesamiento se generan dos coeficientes de transformada de Fourier, representando uno de los coeficientes una función de la distancia de los participantes del tráfico capturados y representando el otro coeficiente una función de la velocidad de tales participantes. Si se registran ambas funciones una respecto de otra en las dos dimensiones de un diagrama cartesiano, se obtienen patrones característicos para los diferentes participantes del tráfico. La composición y la forma de estos patrones son una medida de la dispersión de las velocidades y distancias de las señales reflejadas de un participante del tráfico, cuya evaluación estadística admite una asignación de participantes del tráfico a clases predefinidas. Sin embargo, debido al principio de medida del aparato de radar CW modulado linealmente en frecuencia no se pueden asignar ángulos a objetos capturados. Por tanto, es posible ciertamente verificar que, por ejemplo, un turismo PKW o un camión LKW se encuentra en el cono del radar, pero no se puede asignar con seguridad esta manifestación si varios participantes del tráfico se encuentran al mismo tiempo en el cono del radar.

Otra solución (Fang et al., 2007, IET International Conference on Radar Systems, 1 – 4) tiene en cuenta que la

- radiación de radar es reflejada en la práctica en varios puntos de un vehículo y que se producen dispersiones correspondientes de una señal de radar recibida. Estas señales dispersadas se capturan como frecuencias Doppler de los puntos reflectantes del vehículo en función del tiempo. Se obtiene así un paquete de evoluciones de la frecuencia Doppler que pueden asignarse a coordenadas espaciales por medio de la transformada de Hough. Por medio de estas coordenadas espaciales y sus relaciones de una con otra se puede asociar una asignación del respectivo vehículo acotado con alta fiabilidad a una clase de tamaño determinada.
- El problema de la invención consiste en encontrar un procedimiento que sea adecuado para clasificar al mismo tiempo y con seguridad varios vehículos que pasa por un cono de radar.
- Este problema se resuelve con los pasos operativos siguientes para un procedimiento de clasificación de vehículos en el que se acotan vehículos al pasar éstos por un cono de radar formado por una radiación de radar, a cuyo fin las superficies de los vehículos solicitadas con radiación de radar reflejan la radiación de radar y generan señales de medida con frecuencias correspondientes al desplazamiento Doppler.
- A una altura de instalación con relación a la superficie de la calzada y con un ángulo de instalación horizontal agudo con relación al borde de la calzada se dispone un aparato de radar de resolución angular que suministra señales de medida con frecuencias correspondientes al desplazamiento Doppler, de las cuales se pueden derivar distancias radiales, ángulos de objeto y velocidades radiales.
- Este aparato de radar envía una radiación de radar que forma un cono de radar y se capturan en varios instantes de medida, dentro de un tiempo de medida, señales de medida procedentes de al menos un vehículo que pasa por el cono de radar y es así acotado.
- Se almacenan las frecuencias de las señales de medida capturadas de los vehículos acotados como funciones del tiempo de medida y se forma a partir de éstas un espectrograma por vehículo.
- A continuación, se comprueban zonas de valoración de los espectrogramas con máxima anchura de banda de la frecuencia y se comparan estas zonas de valoración con zonas de valoración de espectrogramas prefijados y almacenados para diferentes clases de vehículos. Los vehículos acotados se asignan luego a la respectiva clase de vehículo para la que existe almacenado el espectrograma prefijado que más se aproxima al espectrograma formado. La comparación puede limitarse a que los anchos de banda máximos de los espectrogramas formados se comparen con los anchos de banda máximos de los espectrogramas almacenados prefijados. En la zona de valoración se fija al menos un instante de medida como instante de valoración.
- Ventajosamente, se derivan de las señales de medida en al menos uno de los instantes de valoración, dentro de las zonas de valoración con un ancho de banda máximo, unos respectivos ángulos de objeto que se almacenan siempre para e instante de valoración correspondiente como una función de la frecuencia, y se compara la evolución de la función con modelos comparativos almacenados para diferentes clases de vehículos a fin de verificar la clasificación de los vehículos.
- Como alternativa, puede derivarse ventajosamente de las señales de medida en al menos uno de los instantes de valoración, dentro de las zonas de valoración con un ancho de banda máximo, unas respectivas distancias radiales que se almacenan siempre para el instantes de valoración correspondiente como una función de la frecuencia, y se compara la evolución de las funciones con los modelos comparativos almacenados para diferentes clases de vehículos a fin de verificar la clasificación de los vehículos.
- Es ventajoso que se almacenen siempre a partir de las señales de medida en al menos uno de los instantes de valoración, dentro de las zonas de valoración con un ancho de banda máximo, unas amplitudes de las señales de medida para el instante de valoración correspondiente en función de la frecuencia y que se compare la evolución de las funciones con modelos comparativos almacenados para diferentes clases de vehículos a fin de verificar la clasificación de los vehículos.
- Ventajosamente, a partir de la comparación de todas las funciones formadas con modelos comparativos diferentes se efectúa una modelación del tamaño de los vehículos.
- En la formación de cada función es ventajoso determinar una distribución de probabilidades para diferentes tamaños de vehículo y acumular ponderadas estas probabilidades durante toda la evolución temporal.
- Se explicará seguidamente con más detalle la invención ayudándose de ejemplos de realización. Muestran en los dibujos correspondientes:
- La figura 1, una representación esquemática de una disposición del aparato de radar junto a la calzada,
- La figura 2, espectrogramas de varios vehículos acotados en un espacio de tiempo de medida,
- La figura 3a, el principio de deducción de los espectros de frecuencia de las componentes de señal a partir de las

señales de medida de un reflector puntual,

La figura 3b, el principio de deducción de los espectros de frecuencia de las componentes de señal a partir de las señales de medida de un vehículo capturado predominantemente de frente,

5 La figura 3c, el principio de deducción de los espectros de frecuencia de las componentes de señal a partir de las señales de medida de un vehículo capturado predominantemente de costado y

La figura 4, un ejemplo de una clasificación de un turismo (PKW) y un camión (LKW) con ayuda de modelos comparativos clasificados.

10 Para el procedimiento de clasificación de un vehículo o bien de clasificación simultánea de varios vehículos 3 que avanzan sobre una calzada 2 se emplea, como aparato de radar 1 dotado de resolución angular, un aparato de radar FSK, una forma especial del radar FMCW conocido por el estado de la técnica. Con el aparato de radar FSK 1 se pueden capturar simultáneamente varios vehículos 3 y se puede efectuar también un rastreo (tracking) de éstos. Un radar FSK 1 (FSK = Frequency Shift Keying) emite una radiación de radar 11 a al menos dos frecuencias portadoras alternas o recoge nuevamente reflexiones – originadas por vehículos capturados 3 – de las al menos dos frecuencias portadoras alternas. Mediante la valoración de los desplazamientos de frecuencia entre y dentro de las dos frecuencias portadoras reflejadas por los vehículos 3 se hace posible dentro de un breve tiempo una resolución espacial entre varios vehículos 3 en correspondencia con sus distancias radiales RE, sus velocidades radiales y sus ángulos de objeto y con respecto al aparato de radar 1.

20 Se conocen por el estado de la técnica diferentes procedimientos y dispositivos adecuados para derivar los parámetros citados a partir de las señales de radar, tal como ocurre, por ejemplo, con la antena planar descrita en el documento DE 10 2004 040 015 B4 con dos superficies de recepción separadas.

25 En función de las propiedades de irradiación del aparato de radar 1, la radiación de radar 11, como se representa en la figura 1, forma un cono de radar 12 que parte, ensanchándose, del aparato de radar 1 y tiene un eje de simetría 13. La alineación del aparato de radar 1 y, por tanto, del cono de radar 12 con respecto a la calzada 2 puede describirse y ajustarse con ayuda de la orientación del eje de simetría 13. El cono de radar 12 se dirige hacia la calzada 2 de modo que los vehículos 3 sean solicitados con una radiación de radar 11 en un lugar alejado del aparato de radar 1 (casi frontalmente) hasta un lugar situado cerca del aparato de radar 1 (casi lateralmente). En el lugar alejado el vehículo 3 entra en el cono de radar 12 y en el lugar cercano sale nuevamente del cono de radar 12.

30 La radiación de radar 11 emitida por el aparato de radar 1 se refleja en las superficies de los vehículos 3 solicitadas con la radiación de radar 11 y reflectantes de la radiación de radar 11, y la radiación de radar reflejada 11 es capturada de nuevo por el aparato de radar 1. Se acotan los vehículos 3 con ayuda de la radiación de radar emitida y reflejada 11. Mediante un movimiento relativo de los vehículos 3 que pasan por el cono de radar 12 con respecto al aparato de radar 1, éstos generan desplazamientos Doppler en la radiación de radar reflejada 11, a partir de los cuales el aparato de radar 1 genera señales de medida 4 de baja frecuencia que corresponden a los desplazamientos Doppler y que se capturan y evalúan en forma de frecuencias Doppler f_D . La evaluación de las señales de medida 4 por medio del procedimiento según la invención hace posible una clasificación de los vehículos 3.

40 Para realizar el procedimiento se dispone el aparato de radar 1 con respecto a la calzada 2 en un primer paso del procedimiento de modo que puedan registrarse una velocidad radial, una distancia radial RE y un ángulo de objeto y de vehículos 3 que se mueven hacia el aparato de radar 1. El aparato de radar 1 se dispone para ello junto a la calzada 2 de modo que el eje de simetría 13 forme un ángulo de instalación agudo horizontal α con un borde 21 de la calzada. Asimismo, el aparato de radar 1 está instalado en las proximidades del suelo (por ejemplo, a una altura usual de los ejes de las ruedas de los vehículos 3), a una altura de instalación vertical conocida v_{AH} y con un ángulo de instalación vertical (no representado) del eje de simetría 13 con respecto a la superficie de la calzada 2, usualmente de 0° , de modo que el eje de simetría 13 esté orientado en dirección paralela a la superficie de la calzada 2.

50 En una realización de este procedimiento es posible también instalar el aparato de radar 1 directamente sobre la calzada 2, por ejemplo a la altura de un puente que abarque la calzada 2. En este caso, el eje de simetría 13 está orientado en dirección paralela al borde 21 de la calzada y forma un ángulo de instalación vertical con la superficie de la calzada 2. Por tanto, los vehículos 3 se capturan casi frontalmente en el lugar alejado del aparato de radar 1 hasta casi desde arriba en el lugar próximo al aparato de radar 1.

Las señales de medida 4 capturadas por el aparato de radar 1 se emiten en forma de frecuencias Doppler f_D . A partir de las frecuencias Doppler f_D se obtienen directamente las velocidades radiales de los vehículos acotados 3.

55 Por clarificación simplificada de conceptos, el vehículo 3, tal como se representa en la figura 1, se reduce a la señal de reflexión de un reflector puntual ideal 33 y el aparato de radar 1 se considera como una fuente puntual de la radiación del radar 11, de la cual parte también el eje de simetría 13 del cono de radar 12. El experto sabe que el eje

de simetría 13 es el eje de emisión del aparato de radar 1 que discurre paralelamente al eje de la unidad receptora a la que se refieren los ángulos de objeto γ . Sin embargo, la distancia de estos ejes puede desprejarse, por lo que el eje de simetría 13 puede entenderse como el eje del aparato de radar 1 al que pueden referirse tanto los datos referentes al cono de radar 12 como los ángulos de objeto γ .

- 5 La distancia radial RE del vehículo 3 corresponde así a la distancia directa del reflector puntual 33 a la fuente puntiforme. Esta distancia se deriva directamente de una medición de desplazamiento de frecuencia entre las dos frecuencias portadoras del radar FSK 1.

10 La velocidad radial del vehículo 3 es así la velocidad con la que el reflector puntual 33 se mueve en dirección radial hacia la fuente puntiforme. La velocidad radial es solamente una componente de una velocidad real del vehículo con la que el vehículo 3 se mueve en una dirección de circulación 34 sobre la calzada 2. Debido al aparato de radar 1 instalado lateralmente junto a la calzada 2, la dirección de circulación 34 del vehículo 3 está orientada de modo que pasa por delante del aparato de radar 1. Considerado vectorialmente, se puede obtener la velocidad del vehículo a partir de una suma de una componente de velocidad orientada radialmente al aparato de radar 1 (velocidad radial) y una componente de velocidad orientada en ángulo recto con ésta (velocidad tangencial). La velocidad radial se deriva directamente de la frecuencia Doppler f_D de la radiación de radar 11 reflejada por el reflector puntual 33.

15 Como ángulo de objeto γ se designa el ángulo que es abarcado en la fuente puntiforme de la radiación de radar 11 entre el eje de simetría 13 y una recta trazada hasta el reflector puntual 33. La obtención del ángulo de objeto γ se efectúa según el principio del cálculo por triangulación con ayuda de dos desplazamientos de fase diferentes de la radiación de radar 11 irradiada por una superficie emisora, las cuales se miden en las dos superficies receptoras.

20 En contraste con el reflector puntual ideal 33 un vehículo 3 presenta una extensión espacial con una multiplicidad de superficies espacialmente distribuidas y reflectantes de la radiación de radar 11, las cuales a su vez forman una multiplicidad de reflectores puntuales capturables 33. Por consiguiente, la señal de medida 4 registrada para un vehículo capturado 3 presenta también una multiplicidad de frecuencias Doppler f_D . Según la distancia radial RE, el ángulo de objeto γ y el ángulo ϵ del vehículo 3, se capturan también en los vehículos 3 varias reflexiones espacialmente distribuidas de los haces de radar 11. El número y la distribución de las reflexiones en los vehículos 3 aumentan al reducirse una distancia radial RE, ya que, desde la perspectiva del aparato de radar 1, aumentan también los tamaños de las superficies reflectantes de los vehículos 3. Para cada una de las reflexiones capturadas se pueden derivar la distancia radial RE, la velocidad radial y el ángulo de objeto γ , diferenciados según su disposición espacial en las superficies del vehículo 3.

30 En un segundo paso del procedimiento se emite por el aparato de radar 1 la radiación de radar 11 que forma el cono de radar 12. Durante el paso de al menos un vehículo 3 por el cono de radar 12 se refleja parcialmente la radiación de radar 11 en las superficies reflectantes del vehículo 3 y se capturan las reflexiones por el aparato de radar 1 como señales de medida con una amplitud de señal correspondiente SA. La captura de las señales de medida 4 se efectúa en varios instantes de medida dentro de un tiempo de medida t (4).

35 Para establecer una relación señal-ruido suficiente con respecto a un ruido base de las señales de medida 4 también capturado debido al principio de construcción y aumentar la univocidad en la captura de las señales de medida 4, se fija convenientemente para las amplitudes de señal SA un valor umbral que tienen que sobrepasar las amplitudes SA de las señales de medida capturadas 4 para que sean tenidas en cuenta en el procesamiento de señales subsiguiente.

40 En un tercer paso del procedimiento se almacenan transitoriamente las señales de medida 4 en forma de las frecuencias Doppler f_D asociadas a los instantes de medida. Estas señales se pueden registrar sobre un eje de tiempo en función del tiempo de medida t . Todas las señales de medida capturadas 4 de un vehículo acotado 3 se pueden representar aquí siempre como un espectrograma en forma de una evolución temporal de las frecuencias Doppler f_D .

45 En la figura 2 se representan espectrogramas formados a partir de señales de medida 4 de diferentes vehículos 3. Se puede apreciar que los espectrogramas presentan formas características que pueden asignarse directamente a los vehículos acotados 3 y que, en función del tamaño de los vehículos 3, se diferencian en zonas de señal determinadas. Asimismo, las señales de medida 4 presentan una posición diferente en el espectrograma. Dado que las frecuencias Doppler medidas f_D son proporcionales a la velocidad radial del vehículo 3, las señales de medida 4 de vehículos más rápidos 3 se disponen sobre el eje de frecuencia a valores más altos que las señales de medida 4 de vehículos más lentos 3. Sin embargo, esta diferenciación no puede aprovecharse aún para la clasificación de los vehículos 3, ya que teóricamente cada vehículo 3 podría moverse también con cualquier velocidad arbitraria.

Con ayuda del vehículo 3 capturado en el instante de medida más tardío (espectrograma derecho de la figura 2) se describirá a modo de ejemplo su forma.

55 La captura de señales de medida 4 comienza cuando el vehículo 3 entra en el cono de radar 12. La entrada se efectúa en el lugar alejado del aparato de radar 1, con lo que el vehículo 3 es capturado casi frontalmente por la

radiación de radar 11. Por este motivo, la radiación de radar 11 se refleja sustancialmente en las superficies de un frente 31 del vehículo que es aún muy pequeña desde la perspectiva del aparato de radar 1. En consecuencia, las frecuencias Doppler f_D capturadas por esta radiación de radar reflejada 11 presentan una pequeña distribución espectral aún no diferenciada y las señales de medida se asemejan así a las señales de medida 4 del reflector puntual ideal 33. Por este motivo, la representación de las señales de medida 4 en el espectrograma muestra en instantes de medida tempranos una zona inicial AB con una distribución espectral muy pequeña. Dado que en el lugar alejado del aparato de radar 1 la velocidad tangencial es aún muy pequeña, la velocidad radial corresponde aproximadamente a la velocidad del vehículo. En el supuesto de que el vehículo 3 se mueva con una velocidad constante a lo largo de la calzada 2 durante el paso por el cono de radar 12, las señales de medida 4 se mantienen casi constantes en el espectrograma sin una variación significativa de las frecuencias Doppler f_D .

Dado que la dirección de circulación 34 del vehículo 3 está orientada de modo que pasa por delante del aparato de radar 1, se tiene que, al disminuir la distancia radial RE del vehículo 3 al aparato de radar 1, disminuye también la velocidad radial por efecto de la velocidad tangencial creciente. Por este motivo, en una zona central MB la evolución de las señales de medida 4 presenta de momento una ligera curvatura en dirección a frecuencias Doppler más pequeñas f_D con una caída continuamente creciente. Al disminuir la distancia radial RE se aumenta también, desde la perspectiva del aparato de radar 1, la superficie reflectante del vehículo 3. Asimismo, al disminuir la distancia radial RE el vehículo 3 forma otro ángulo de objeto γ con el eje de simetría 13, con lo que, aparte del frente 31 del vehículo, las superficies de un flanco 32 del vehículo contribuyen también crecientemente a la reflexión de haces de radar 11 y, por tanto, a la generación de frecuencias Doppler f_D . El aparato de radar 1 puede capturar así un mayor número de reflexiones con una dispersión espacial mayor sobre las superficies del vehículo 3 que lo que ocurría en instantes de medida más tempranos. Las frecuencias Doppler f_D que se generan en las diferentes superficies del vehículo 3 espacialmente extenso presentan, según su distancia radial RE al aparato de radar 1, unas velocidades radiales diferentes. Estas diferencias de las velocidades radiales o de las frecuencias Doppler medidas f_D , las cuales son muy pequeñas, pero pueden resolverse con el aparato de radar FSK 1, se expresan en el espectrograma en un ensanchamiento de la distribución espectral de las frecuencias Doppler f_D que aumenta continuamente con la reducción de la distancia radial RE al aparato de radar 1. Al final del paso por el cono de radar 12 el vehículo 3 se encuentra casi en el aparato de radar 1. El ángulo de objeto γ es así correspondientemente grande, con lo que en el vehículo 3 se capturan en su mayor parte por la radiación de radar 11 las superficies del flanco 32 del vehículo. Debido a la longitud del vehículo 3 se consigue en esta posición una dispersión espacial máxima de las reflexiones que parten del frente 31 y del flanco 32 del vehículo. Gracias a la dispersión espacial fuertemente diferenciada resultan también máximas las diferencias de las velocidades radiales o de las frecuencias Doppler medidas f_D . Por este motivo, en el espectrograma las señales de medida 4 muestran una distribución espectral máxima posible al final de la zona central MB, poco antes de que el vehículo 3 salga del cono de radar 12.

Para representar la distribución espectral creciente se emplean a modo de ejemplo en la figura 2 cinco frecuencias Doppler f_{D1} a f_{D5} con las que se pretende ilustrar la multiplicidad de reflexiones capturadas en la superficie del vehículo 3. La evolución temporal de las señales de medida 4 comienza con la frecuencia Doppler f_{D1} , la cual es generada en una superficie reflectante próxima al frente 31 del vehículo, y termina con la frecuencia Doppler f_{D5} , la cual es generada en una superficie reflectante al final del flanco 32 del vehículo. Entre las frecuencias Doppler f_{D1} y f_{D5} se capturan las demás frecuencias Doppler f_{D2} , f_{D3} y f_{D4} , las cuales se obtienen en superficies reflectantes del vehículo 3 que se encuentran entre el frente 31 del vehículo y el final del flanco 32 del vehículo. En instantes de medida tempranos se parte de la consideración de que las frecuencias Doppler f_{D3} a f_{D5} no pueden capturarse todavía, ya que éstas se originan en el flanco 32 del vehículo, el cual no es visible para el aparato de radar 1 en estos instantes de medida. En señales de medida realmente capturadas 4 se encuentran en los espacios intermedios entre las frecuencias Doppler f_{D1} a f_{D5} , aparte de las frecuencias Doppler f_{D2} , f_{D3} y f_{D4} , una multiplicidad de otras frecuencias Doppler f_D que no se representan en la figura 2 por motivos de simplificación.

Poco antes de salir del cono de radar 12 el vehículo 3 se mueve por delante del aparato de radar 1 sobre la calzada 2, con lo que aumenta muy fuertemente la velocidad tangencial y disminuye muy fuertemente la velocidad radial. La caída de la velocidad radial es máxima en este instante de medida. Tan pronto como el vehículo 3 sale del cono de radar 12, ya no pueden capturarse reflexiones. Por este motivo, la señal de medida 4 presenta una zona final EB en la que terminan los registros de las diferentes frecuencias Doppler f_{D1} a f_{D5} . Debido a la extensión longitudinal del vehículo 3 las superficies reflectantes distribuidas por toda la longitud del vehículo 3 salen de manera temporalmente sucesiva del cono de radar 12, con lo que se produce en la zona final EB un fuerte despliegue temporal en abanico de las señales de medida 4. La extensión temporal del despliegue en abanico es proporcional a la longitud del vehículo 3.

En un cuarto paso del procedimiento se obtiene en el espectrograma una zona de valoración BB de las señales de medida 4 en la que la distribución espectral de las frecuencias Doppler f_D presenta un ancho de banda máximo. Como puede apreciarse con ayuda de la figura 2, la zona de valoración BB puede encontrarse generalmente al final de la zona central MB de la evolución de las señales de medida 4, poco antes de que el vehículo 3 comience a salir del cono de radar 12. En la zona de valoración BB se fija la menos un instante de medida como instante de valoración t_B en el que, aparte de todas las frecuencias Doppler obtenidas f_D , se leen o se obtienen otras componentes de señal derivables de las señales de medida 4. Pertenecen a estas otras componentes de señal la

amplitud de señal SA de las frecuencias Doppler capturadas f_D , así como las distancias radiales RE y los ángulos de objeto γ con las superficies reflectantes espacialmente distribuidas del vehículo 3 en las que se generaron las frecuencias Doppler capturadas f_D . Las componentes de señal se alimentan seguidamente a un puesto de evaluación detallada. La evaluación se efectúa por separado para cada una de las componentes de señal, a cuyo fin la componente de señal correspondiente se registra y almacena en función de la frecuencia Doppler f_D en un respectivo espectro de frecuencia. Para la evaluación se emplean solamente secciones de los espectros de frecuencia en las que están contenidas las informaciones necesarias. Estas secciones se obtuvieron previamente por vía experimental. Las secciones restantes de los espectros de frecuencia ya no tienen que seguirse considerando para la evaluación.

- 5
- 10 La evaluación detallada puede efectuarse en principio también en instantes de medida más tempranos fuera de la zona de valoración BB. Sin embargo, debido a la mayor densidad espectral disminuyen allí la univocidad de las componentes de señal y, por tanto, la fiabilidad de la evaluación. En instantes de medida posteriores, fuera de la zona de valoración BB, ya no es posible la evaluación detallada, puesto que aquí el vehículo 3 ya sale del cono de radar 12 y así ya no están disponibles todas las frecuencias Doppler f_D para la evaluación.
- 15 Se explicará la evaluación detallada de las componentes de señal con ayuda de los casos representados en las figuras 3a a 3c.

Para una mejor comprensión, en la figura 3a se muestra primeramente la evaluación de las componentes de señal del reflector puntual ideal 33. La disposición del reflector puntual 33 con respecto al aparato de radar 1 se muestra en la imagen superior en una representación de principio. Debido a la ausencia de extensión espacial el reflector puntual 33 en el instante de valoración t_B (y también en todos los demás instantes de medida en el reflector puntual 33) posee solamente una superficie reflectante de la radiación de radar 11 a una única distancia radial RE del aparato de radar 1. Por este motivo, el reflector puntual 33 genera también solamente una frecuencia Doppler f_D con una amplitud de señal SA, sin ancho de banda espectral. Asimismo, se pueden obtener también solamente una distancia radial RE y un ángulo de objeto γ . Por este motivo, en los espectros de frecuencia de la distancia radial RE y del ángulo de objeto γ se representa también solamente un respectivo valor de medida para una frecuencia Doppler f_D .

- 20
- 25
- 30 En las figuras 3b y 3c se muestra la evaluación de las componentes de señal del vehículo 3. Las representaciones de principio muestran en una vista desde arriba del contorno paralelepípedo del vehículo 3, el cual se encuentra en un cono de radar 12 a una distancia radial RE al menos aproximadamente igual, pero bajo ángulos ϵ diferentes (solamente representados en la figura 1) que forma siempre el vehículo 3 mediante su eje longitudinal, igual a la dirección de circulación, con la dirección de la distancia radial al aparato de radar 1. Por tanto el vehículo 3 es visto por el aparato de radar 1 desde ángulos de visión diferentes. Tales variaciones del ángulo ϵ del vehículo se obtienen durante el paso del vehículo 3 por el cono de radar 12.

En la figura 3b se representan las componentes de señal del vehículo 3 capturadas en el instante de valoración t_B , cuyo eje longitudinal está orientado bajo un ángulo plano ϵ del vehículo, con lo que la radiación de radar 11 es reflejada sustancialmente en el frente 31 del vehículo (insinuado solamente con una línea de puntos) y solamente en una pequeña proporción en el flanco 32 del vehículo (insinuado con una línea de trazos). Debido a la extensión espacial una multiplicidad de superficies reflectantes espacialmente distribuidas (reflectores) contribuyen a la formación de la señal de medida 4 y, en contraste con el reflector puntual 33, conducen a un ancho de banda espectral en los espectros de frecuencia de las componentes de señal.

- 35
- 40 El espectro de frecuencia de las amplitudes de señal SA, es decir, la función de las amplitudes de señal SA con respecto a la frecuencia Doppler f_D , muestra dos secciones características. En la sección de las frecuencias Doppler más bajas f_D la evolución de la frecuencia está caracterizada por un ascenso casi lineal de las amplitudes de señal SA. Este ascenso puede asociarse a las reflexiones generadas en el frente 31 del vehículo, ya que las velocidades radiales medidas en el frente 31 del vehículo, en contraste con las medidas en el flanco 32 del vehículo, son más pequeñas debido a la mayor proporción de la velocidad tangencial. Las amplitudes de señal máximas SA se alcanzan en la esquina del vehículo 3 orientada hacia el aparato de radar 1 y en sus transiciones al frente 31 y al flanco 32 del vehículo. La proporción de las superficies orientadas en ángulo recto con la unión radial imaginaria con el aparato de radar 1 es aquí especialmente alta, con lo que se refleja especialmente bien la radiación de radar 11. Las amplitudes de señal SA caen nuevamente desde el máximo hacia las frecuencias Doppler más altas f_D . La caída de la amplitud de señal SA es generada por las reflexiones que (en contraste con la esquina del vehículo) apuntan menos directamente al radar. Por el contrario, la mayor velocidad radial conduce al ancho de banda espectral mayor ya comentado.

- 45
- 50
- 55 El espectro de frecuencia de la distancia radial RE, es decir, la función de la distancia radial RE con respecto a la frecuencia Doppler f_D , muestra también nuevamente dos secciones características. En la sección de frecuencias Doppler más bajas f_D está casi inalterada la distancia radial RE. Esta sección es formada por las reflexiones generadas en el frente 31 del vehículo. Dado que el frente 31 del vehículo está orientado casi ortogonalmente a la unión radial imaginaria con el aparato de radar 1, no se presentan en el frente 31 del vehículo diferencias sensibles en la distancia radial RE. En la transición del frente 31 del vehículo al flanco 32 del mismo, las distancias radiales RE

5 aumentan en correspondencia con la longitud y las variaciones inherentes del ángulo de objeto con respecto al eje de simetría 13 del vehículo acotado 3. Por tanto, la función presenta un ascenso en la sección de las frecuencias Doppler más altas f_D . El espectro de frecuencia es más pequeño en la sección del ascenso de la distancia radial RE, puesto que la variación de la velocidad radial es menor debido al ángulo oblicuo. La intensidad de señal (radiación de radar reflejada) no tiene influencia sobre la anchura, sino solamente sobre la altura.

El espectro de frecuencia de los ángulos de objeto γ , es decir, la función de los ángulos de objeto γ con respecto a la frecuencia Doppler f_D , se caracteriza por un ángulo de objeto γ linealmente decreciente. La caída es una expresión de la longitud y la anchura del vehículo 3, las cuales, desde la perspectiva del aparato de radar 1, son capturadas por el aparato de radar 1 por medio del ángulo ϵ del vehículo.

10 En la figura 3c se representan una vez más las componentes de señal del vehículo 3. A diferencia de la representación de la figura 3b, el eje longitudinal del vehículo 3 está orientado aquí según un ángulo ϵ bastante grande del vehículo, con lo que la radiación de radar 11 es reflejada en una proporción mayor en el flanco 32 del vehículo (insinuado con una línea de trazos) y en una proporción menor en el frente 31 del vehículo (insinuado con una línea de puntos).

15 Según las proporciones – procedentes del frente 31 y del flanco 32 del vehículo – de las superficies reflectantes contribuyentes a la reflexión de la radiación de radar 11 se modifica también la distribución de las secciones características en los espectros de frecuencia de la amplitud de señal SA y la distancia radial RE. Con una evolución semejante de la señal, la proporción del espectro de frecuencia registrado en el frente 31 del vehículo es ahora netamente más estrecha que la proporción registrada en el flanco 32 del vehículo.

20 En el espectro de frecuencia de los ángulos de objeto γ la evolución de la frecuencia muestra un ascenso de pendiente netamente mayor del ángulo de objeto γ .

Como muestra la comparación de los espectros de frecuencia bajo ángulos diferentes ϵ del vehículo, la evolución de la componente de señal evaluada es típica para una orientación y longitud determinadas del vehículo 3.

25 La clasificación del vehículo acotado 3 se efectúa en un quinto paso del procedimiento. A este fin, los espectros de frecuencia obtenidos para el vehículo 3 se obtienen como anteriormente con ayuda de vehículos modelo, es decir, vehículos cuya asignación de clasificación es conocida, y se comparan con espectros de frecuencia almacenados que están presentes en forma de modelos comparativos VM.

30 Para que sea posible una comparación directa, se aprendieron previamente los modelos comparativos VM con un aparato de radar 1 que estaba dispuesto con respecto a la calzada 2 exactamente igual que se instaló ahora el aparato de radar 1 para realizar el procedimiento, y se derivaron los espectros de frecuencia a partir de las señales de medida en un instante de medida en el que el modelo comparativo VM se encontraba a una misma distancia radial RE. Por tanto, los modelos comparativos VM poseen ya una asignación a una clase de vehículo. Cuando se verifica la existencia de una concordancia del vehículo acotado 3 con uno de los modelos comparativos VM, se puede asignar el vehículo acotado 3 a la clase de vehículo correspondiente. Por tanto, se clasifica también el
35 vehículo acotado 3.

En la figura 4 se representa la clasificación de vehículos 3 que se diferencian en su longitud. Los espectros de frecuencia de las amplitudes de señal SA, las distancias radiales RE y el ángulo de objeto γ (representados en la segunda columna de la figura 4), derivados de las señales de medida 4 como funciones de la frecuencia Doppler f_D , se comparan con los modelos comparativos VM (representados en las columnas tercera y cuarta de la figura 4). En
40 la figura 4 se emplean dos modelos comparativos VM, uno para la clase de vehículo turismo (PKW) (línea de puntos) y otro para la clase de vehículo camión (LKW) (línea de trazos). La comparación de los espectros de frecuencia obtenidos para el vehículo 3 representado en la mitad superior de la figura 4 con los espectros de frecuencia de los modelos comparativos VM da como resultado una concordancia máxima del modelo comparativo VM del turismo (tercera columna). Por tanto, este vehículo 3 se clasifica como turismo PKW. Los espectros de frecuencia obtenidos
45 para el vehículo 3 representado en la mitad inferior de la figura 4 presentan una concordancia máxima con el modelo comparativo VM del camión LKWs (cuarta columna). Por tanto, este vehículo 3 se clasifica como camión LKW.

Los modelos comparativos VM se calculan preferiblemente durante el procedimiento con ayuda de una fórmula prefijada para cada una de las diferentes clases de vehículo y de los parámetros actuales que se obtienen por la
50 instalación del aparato de radar 1 y las señales de medida 4, concretamente las velocidades radiales, las distancias radiales RE, el ángulo ϵ del vehículo y los ángulos de objeto γ .

En el caso de una disposición fija del aparato de radar 1 con respecto a la calzada 2, los modelos comparativos VM pueden generarse también a partir de evoluciones previamente registradas de las señales de medida 4. A este fin, en las evoluciones previamente registradas de las señales de medida 4 se obtiene primeramente la longitud de los
55 vehículos 3. La longitud de los vehículos 3 se obtiene al final de la zona central MB de la evolución de las señales de medida 4 a partir del ancho de banda de la distribución espectral de la evolución de las señales de medida 4 (por ejemplo, en el instante de valoración t_B), presentando los vehículos grandes 3 un ancho de banda grande y los

vehículos cortos 3 un ancho de banda pequeño.

Es posible también obtener la longitud de los vehículos 3 en función de la velocidad de radial a partir del periodo de tiempo que necesita el vehículo 3 para moverse hacia fuera del cono de radar 12. El periodo de tiempo puede obtenerse al final de la evolución de la señal de medida 4 a partir de la anchura de la zona final EB.

5 Según la longitud obtenida de los vehículos 3, se efectúa por medio de una consideración de probabilidades una ordenación, en grupos diferentes, de las evoluciones de las señales de medida 4 previamente registradas u obtenidas al mismo tiempo. Mediante una valoración (manual) de los vehículos 3 ordenados en los grupos se asignan los grupos y, por tanto, las evoluciones ordenadas de las señales de medida 4 o los vehículos 3 a una clase de vehículo correspondiente.

10 Para generar los modelos comparativos VM se ponderan y acumulan todas las evoluciones de señales de medida 4 clasificadas ordenadas en un grupo en toda su evolución temporal. En la evolución acumulada de las señales de medida 4 se obtiene la sección del mayor ancho de banda espectral y se determina allí en un instante de valoración t_B las componentes de señal derivables (amplitud de señal SA, distancia radial RE, ángulo de objeto γ). Los distintos espectros de frecuencia generados a partir de las componentes de señal incluyen ahora un espectro de frecuencia medio correspondiente a la clase de vehículo y pueden emplearse como modelos comparativos VM. Para los modelos comparativos VM es suficiente entonces emplear tan solo secciones características, por ejemplo ascensos o puntos de inflexión de los espectros de frecuencia, y enmascarar las secciones restantes, tal como se muestra en la figura 3 en los espectros de frecuencia de la distancia radial RE y el ángulo de objeto γ .

20 Se pueden obtener también modelos comparativos VM a partir de un cálculo teórico. A este fin, se capturan como señales de medida 4 en un lugar de utilización real las condiciones de instalación del aparato de radar 1 (distancia de instalación horizontal hAA, ángulo de instalación horizontal α , altura de instalación vertical vAH y ángulo de instalación vertical β). Para representar los vehículos 3 se generan modelos de vehículo simplificados a escala fiel (por ejemplo, las superficies de una forma paralelepípedica). Según las condiciones de instalación y los modelos de vehículo, se pueden calcular respuestas de reflexión teóricas a partir de las cuales se pueden confeccionar los modelos comparativos VM.

25 En principio, se puede utilizar el procedimiento aun cuando las condiciones de instalación del aparato de radar 1 con respecto a la calzada 2 no sean exactamente conocidas, ya que en el procedimiento se emplean exclusivamente para la clasificación de los vehículos 3 las señales de medida 4 referidas al aparato de radar 1 (frecuencia Doppler f_D , distancia radial RE y ángulo de objeto γ). Por este motivo, el cono de radar 12 puede orientarse con un cierto margen de tolerancia con respecto a la calzada 2, en el que se puedan capturar aún las señales de medida necesarias 4 con una seguridad suficiente. Sin embargo, en el caso de una disposición del aparato de radar 1 que no corresponda a las condiciones en las que se confeccionaron los modelos comparativos VM, es siempre necesario confeccionar antes de la aplicación del procedimiento nuevos modelos comparativos VM que correspondan a las condiciones de instalación actuales.

30 Una disposición del aparato de radar 1 sin conocimiento de las condiciones de instalación tiene, además, el inconveniente de que no se puede obtener la velocidad del vehículo. Se suprime así, por ejemplo, la posibilidad de reconocer infracciones de velocidad de los vehículos 3 y evaluar éstas en función de la clasificación de los vehículos 3. Sin embargo, las condiciones de instalación pueden también ser aprendidas automáticamente por el aparato de radar 1 de modo que éste vuelva entonces a ser apto también para la medida de la velocidad del vehículo.

40 **Lista de símbolos de referencia**

	1	Aparato de radar
	11	Radiación de radar
	12	Cono de radar
	13	Eje de simetría
45	2	Calzada
	3	Vehículo
	31	Frente del vehículo
	32	Flanco del vehículo
	33	Reflector puntual
50	34	Dirección de circulación
	4	Señal de medida
	BB	Zona de valoración
	AB	Zona inicial
	MB	Zona central
55	EB	Zona final
	t	Tiempo de medida
	t_B	Instante de valoración
	SA	Amplitud de señal

	RE	Distancia radial
	hAA	Distancia de instalación horizontal
	vAH	Altura de instalación vertical
	f_D	Frecuencia Doppler
5	VM	Modelo comparativo
	α	Ángulo de instalación horizontal
	γ	Ángulo de objeto
	ϵ	Ángulo del vehículo

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de clasificación de vehículos (3), en el que se acotan vehículos (3) al pasar por un cono de radar (12) formado por una radiación de radar (11), para lo cual las superficies de los vehículos (3) solicitadas con radiación de radar (11) reflejan esta radiación de radar (11) y generan señales de medida (4) con frecuencia correspondientes al desplazamiento Doppler, cuyo procedimiento comprende los pasos siguientes:
- 5 a) disponer un aparato de radar (1) dotado de resolución angular – que suministra señales de medida (4) con frecuencias correspondientes al desplazamiento Doppler, a partir de las cuales se pueden derivar distancias radiales (RE), ángulos de objeto (γ) y velocidad de radiales – a una altura de instalación vertical (vAH) con respecto a la superficie de una calzada (2) y bajo un ángulo de instalación agudo horizontal (α) con un borde de la calzada (2),
- 10 b) emitir por medio del aparato de radar (1) una radiación de radar (11) formadora de un cono de radar (12) y capturar, en varios instantes de medida dentro de un tiempo de medida (t), las señales de medida (4) de al menos un vehículo (3) que pasa por el cono de radar (12),
- 15 c) almacenar las frecuencias de las señales de medida capturadas (4) de vehículos acotados (3) como funciones del tiempo de medida (t) y formar un espectrograma por vehículo (3) en forma de una evolución temporal de las frecuencias Doppler de las señales de medida capturadas de vehículos acotados,
- d) comprobar los espectrogramas en busca de una respectiva zona de evaluación (BB) con un ancho de banda máximo de la frecuencia y fijar al menos un instante de medida como instante de valoración (t_B) en la respectiva zona de valoración (BB),
- 20 e) comparar estas zonas de valoración (BB) con zonas de valoración de espectrogramas almacenados para diferentes clases de vehículos y asignarlas al espectrograma más semejante para clasificar así los vehículos circulantes (3), y
- f) derivar ángulos de objeto (γ) de las señales de medida (4) en al menos un instante de valoración (t_B) dentro de las zonas de valoración (BB) con un ancho de banda máximo, almacenándose siempre los respectivos ángulos de objeto derivados (γ) para el instante de valoración correspondiente (t_B) como una función de la frecuencia y comparándose la evolución de la función con modelos comparativos (VM) almacenados para diferentes clases de vehículos a fin de verificar la clasificación de los vehículos (3).
- 25
2. Procedimiento de clasificación de vehículos (3), en el que se acotan vehículos (3) al pasar por un cono de radar (12) formado por una radiación de radar (11), para lo cual las superficies de los vehículos (3) solicitadas con radiación de radar (11) reflejan esta radiación de radar (11) y generan señales de medida (4) con frecuencias correspondientes al desplazamiento Doppler, cuyo procedimiento comprende los pasos siguientes:
- 30 a) disponer un aparato de radar (1) dotado de resolución angular – que suministra señales de medida (4) con frecuencias correspondientes al desplazamiento Doppler, a partir de las cuales se pueden derivar distancias radiales (RE), ángulos de objeto (γ) y velocidades radiales – a una altura de instalación vertical (vAH) con respecto a la superficie de una calzada (2) y bajo un ángulo de instalación agudo horizontal (α) con respecto a un borde de la calzada (2),
- 35 b) emitir por medio del aparato de radar (1) una radiación de radar (11) formadora de un cono de radar (12) y capturar en varios instantes de medida dentro de un tiempo de medida (t) las señales de medida (4) de al menos un vehículo (3) que pasa por el cono de radar (12),
- 40 c) almacenar las frecuencias de las señales de medida capturadas (4) de vehículos acotados (3) como funciones del tiempo de medida (t) y formar un espectrograma por vehículo (3) en forma de una evolución temporal de las frecuencias Doppler de las señales de medida capturadas de vehículos acotados,
- d) comprobar los espectrogramas en busca de una respectiva zona de valoración (BB) con un ancho de banda máximo de la frecuencia y fijar al menos un instante de medida como instante de valoración (t_B) en la respectiva zona de valoración (BB),
- 45 e) comparar estas zonas de valoración (BB) con zonas de valoración de espectrogramas almacenados para diferentes clases de vehículos y asignarlas al espectrograma más semejante para clasificar así los vehículos circulantes (3), y
- f) derivar distancias radiales (RE) a partir de las señales de medida (4) en el al menos un instante de valoración (t_B) dentro de las zonas de valoración (BB) con un ancho de banda máximo, almacenándose siempre las respectivas distancias radiales derivadas (RE) para el instante de valoración correspondiente (t_B) como una función de la frecuencia y comparando la evolución de las funciones con modelos comparativos (VM) almacenados para diferentes clases de vehículos a fin de verificar la clasificación de los vehículos (3).
- 50

3. Procedimiento de clasificación de vehículos (3), en el que se acotan vehículos (3) al pasar por un cono de radar (12) formado por una radiación de radar (11), para lo cual las superficies de los vehículos (3) solicitadas con radiación de radar (11) reflejan esta radiación de radar (11) y generan señales de medida (4) con frecuencias correspondientes al desplazamiento Doppler, cuyo procedimiento comprende los pasos siguientes:

- 5 a) disponer un aparato de radar (1) dotado de resolución angular – que suministra señales de medida (4) con frecuencias correspondientes al desplazamiento Doppler, a partir de las cuales se pueden derivar distancias radiales (RE), ángulos de objeto (γ) y velocidades radiales – a una altura de instalación vertical (vAH) con respecto a la superficie de una calzada (2) y bajo un ángulo de instalación agudo horizontal (α) con respecto a un borde de la calzada (2),
- 10 b) emitir por medio del aparato de radar (1) una radiación de radar (11) formadora de un cono de radar (12) y capturar en varios instantes de medida dentro de un tiempo de medida (t) las señales de medida (4) de al menos un vehículo (3) que circula por el cono de radar (12),
- c) almacenar las frecuencias de las señales de medida capturadas (4) de vehículos acotados (3) como funciones del tiempo de medición (t) y formar un espectrograma por vehículo (3) en forma de una evolución temporal de las frecuencias Doppler de las señales de medida capturadas de vehículos acotados,
- 15 d) comprobar los espectrogramas en busca de una respectiva zona de valoración (BB) con un ancho de banda máximo de la frecuencia y fijar al menos un instante de medida como instante de valoración (t_B) en la respectiva zona de valoración BB,
- e) comparar dichas zonas de valoración (BB) con zonas de valoración de espectrogramas almacenados para diferentes clases de vehículos y asignarlas al espectrograma más semejante para clasificar así los vehículos circulantes (3) y
- 20 f) almacenar amplitudes (SA) de las señales de medida (4), obtenidas a partir de las señales de medida (4), en el al menos uno de los instantes de valoración (t_B) dentro de las zonas de valoración (BB) con un ancho de banda máximo, almacenándose siempre las amplitudes (SA) de las señales de medida (4) para el instante de valoración correspondiente (t_B) como una función de la frecuencia y comparándose la evolución de las funciones con modelos comparativos (VM) almacenados para diferentes clases de vehículo a fin de verificar la clasificación de los vehículos (3).
- 25
4. Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2 o 3, **caracterizado** por que se efectúa una modelación del tamaño del vehículo a partir de la comparación de todas las funciones formadas con modelos comparativos almacenados (VM).
- 30

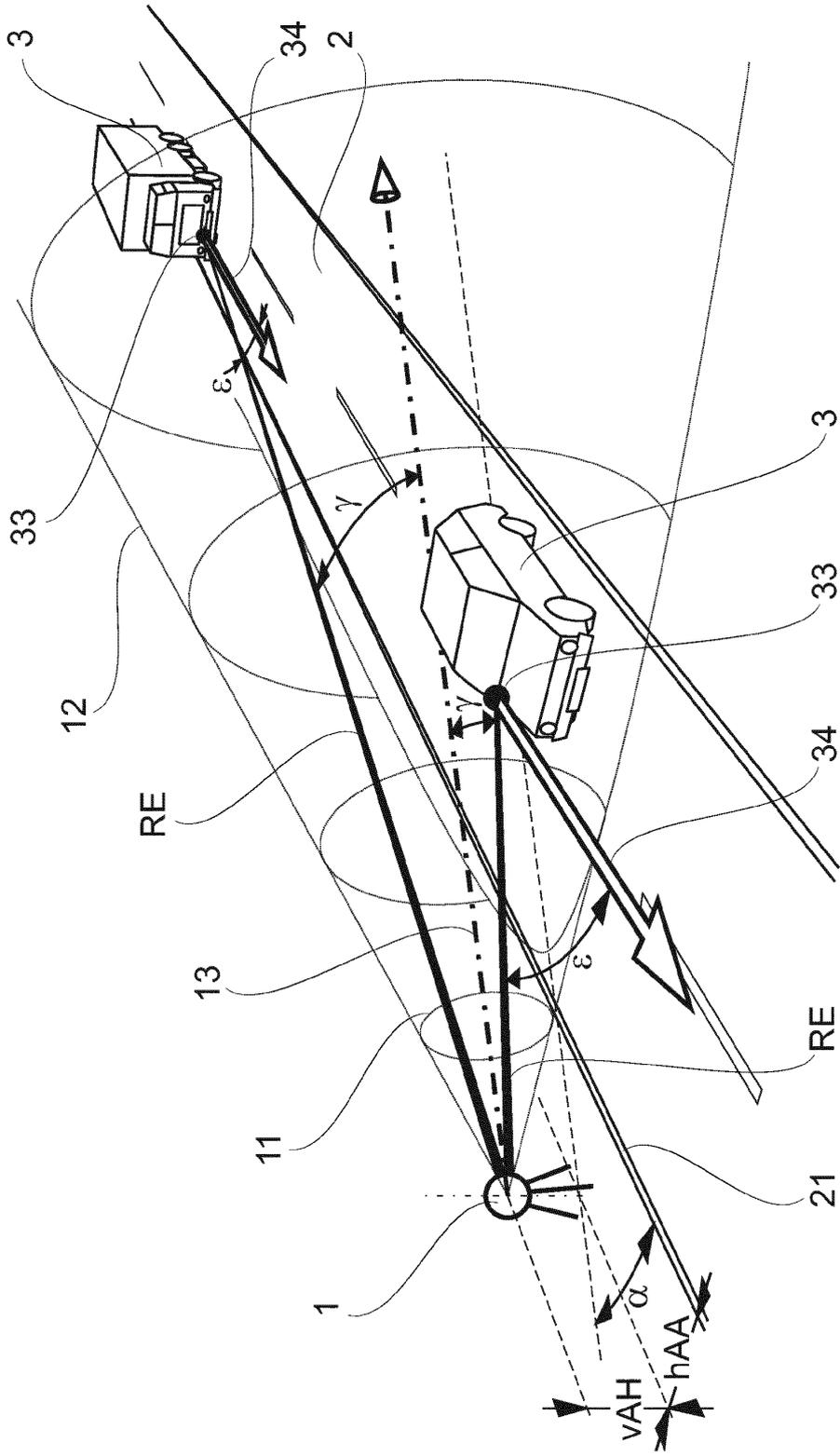


Fig. 1

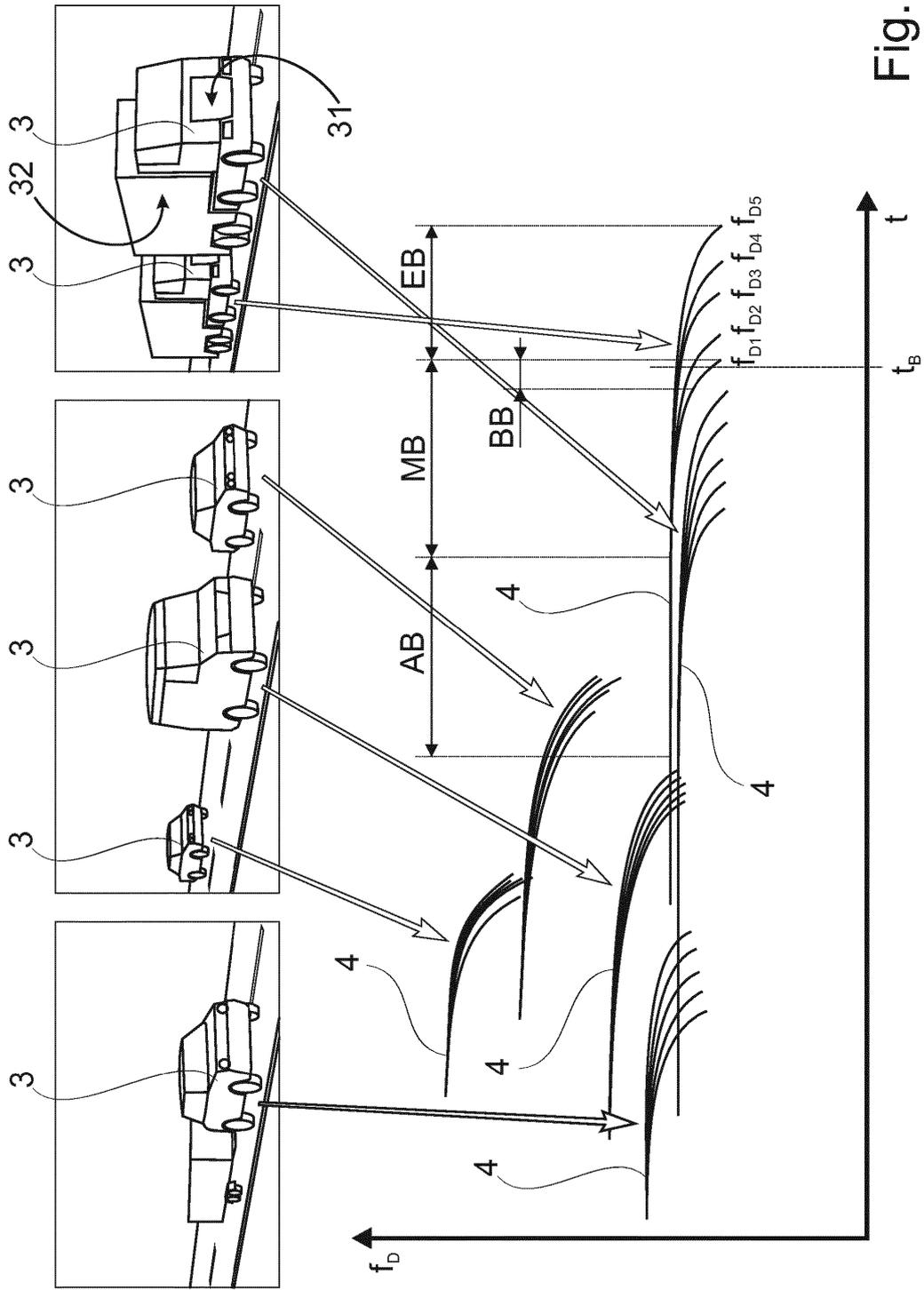


Fig. 2

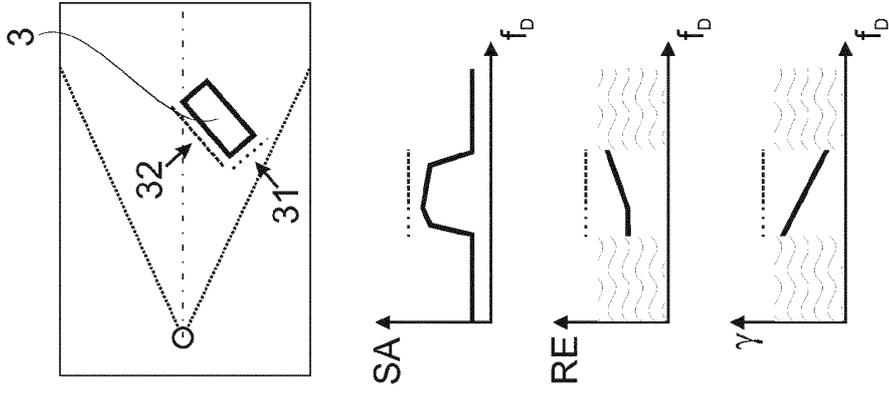


Fig. 3a

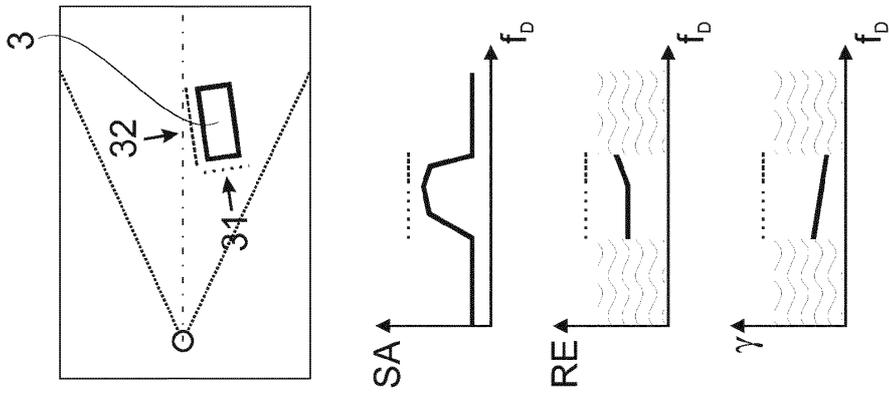


Fig. 3b

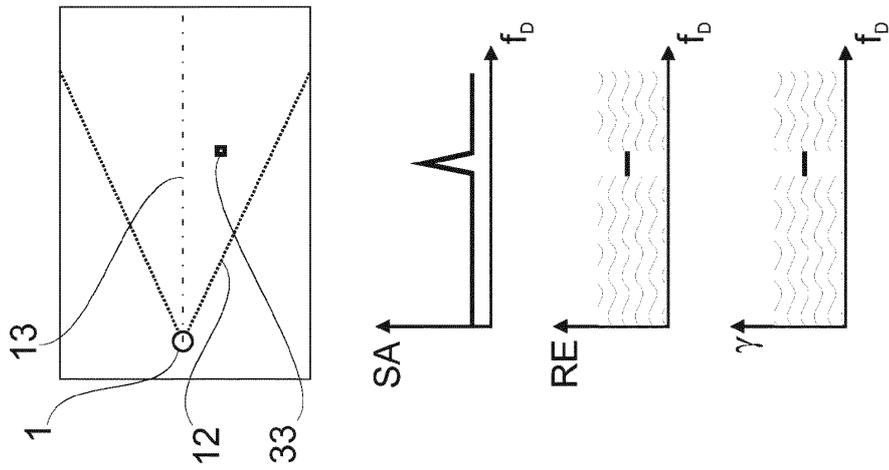


Fig. 3c

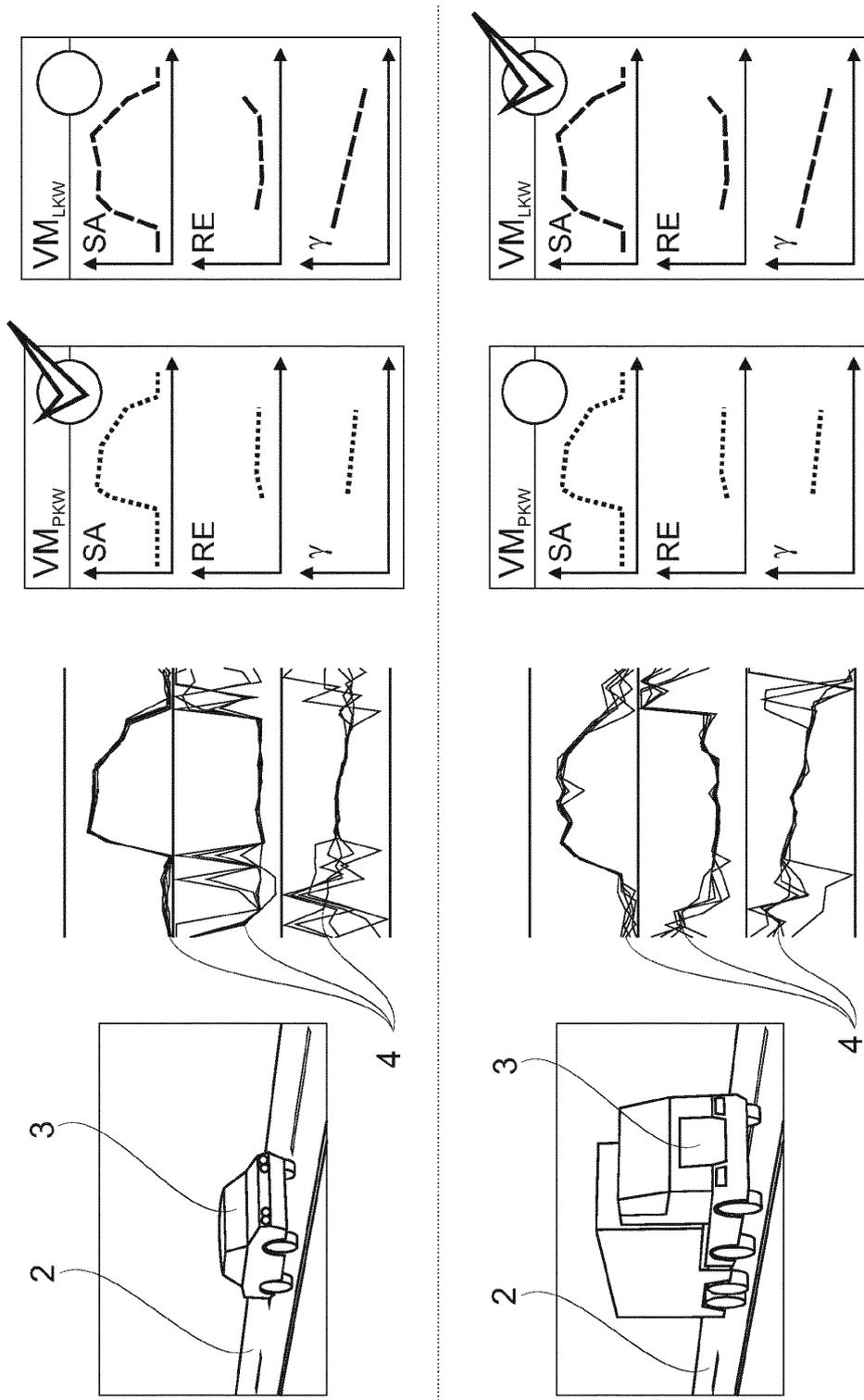


Fig. 4