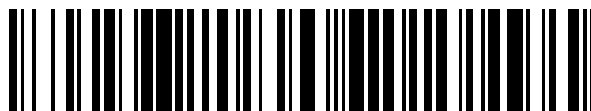


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 573 629**

51 Int. Cl.:

**G01B 11/06** (2006.01)

**G08G 1/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2013** **E 13152086 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016** **EP 2757346**

54 Título: **Procedimiento para medir un perfil de altura de un vehículo que pasa por una carretera**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.06.2016**

73 Titular/es:

**KAPSCH TRAFFICCOM AG (100.0%)**  
**Am Europlatz 2**  
**1120 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**KOTZ, CHRISTIAN;**  
**RAFELSBERGER, OLIVER y**  
**JANNER, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 573 629 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 medir un perfil de altura de un vehículo que pasa por una carretera

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para medir un perfil de altura de un vehículo que pasa en una carretera.

10 La medición de vehículos en el tráfico fluido es de importancia por ejemplo para controles de altura de vehículos o para sistemas de peaje de carreteras que según la forma del vehículo, por ejemplo el tamaño del vehículo, la estructura de carrocería (turismo o camión), la presencia de un remolque, el número de ejes etc. cobran diferentes tasas de peaje. Para ello, en la actualidad se emplean las tecnologías más diversas, por ejemplo escáneres láser o cámaras estereoscópicas (binoculares) para crear una imagen 3D de los vehículos que pasan y determinar a partir de la misma un perfil de altura los vehículos. Sin embargo, los escáneres láser con extraordinariamente complicados en cuanto a su construcción y mantenimiento, y las estructuras de cámaras estereoscópicas requieren siempre un calibrado especial complicado. La invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento más sencillo para medir el perfil de altura de un vehículo en el tráfico fluido.

Este objetivo se consigue con un procedimiento del tipo mencionado al principio:

- 20 la orientación de una cámara monocular desde un punto por encima de la carretera hacia la carretera con un ángulo de apertura que alcanza desde arriba una sección de la carretera,  
la toma de al menos una primera imagen del vehículo que pasa, por medio de la cámara, en un primer momento,  
la toma de al menos una segunda imagen del vehículo que pasa, por medio de la cámara, en un segundo momento,  
25 la generación de una imagen vectorial de movimiento del vehículo a partir de un análisis del flujo óptico entre la primera y la segunda imagen, y  
la creación del perfil de altura del vehículo a partir de la imagen vectorial de movimiento.

30 La invención propone por primera vez el uso de un análisis de flujo óptico en la corriente de imagen de partida de una cámara monocular para la medición del perfil de altura de un vehículo en una carretera. La determinación de imágenes 3D o más exactamente imágenes 2.5D a partir del flujo óptico ("optical flow") entre imágenes que se suceden cronológicamente y por tanto a partir de diferentes posiciones relativas se conoce en la técnica bajo la expresión "depth from motion" o "shape from video" y aprovecha el hecho de que puntos próximos a la cámara de un objeto que pasa delante de la cámara aparentemente se mueven más rápidamente que puntos del mismo objeto alejados de la cámara, lo que permite obtener información de profundidad acerca del objeto.

35 Las bases del análisis de flujo óptico se describen por ejemplo en Antonin Chambolle y col., "An introduction to Total Variation for Image Analysis", Radon Series Comp. Appl. Math 9, 1 a 78, De Gruyter 2010; John Dainith, "Optical Flow", 2004, descargado el 5 de junio de 2012 de encyclopedia.com; Robert Fisher y col., "Dictionary of Computer Vision and Image Processing", John Wiley and Sons, 2005. En la técnica de vigilancia de tráfico, hasta ahora se han usado procedimientos de flujo óptico para analizar el movimiento de corrientes de tráfico en carriles de carreteras, véase por ejemplo Young Cho y col., "Estimating Velocity Fields on a Freeway from Low Resolution Video", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2006, tomo 7, edición 4, páginas 463 a 469; o Jens Klappstein, "Detektion von bewegten Objekten in Strassenverkehrsszenen mittels des optischen Flusses", Dissertation Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 2008. También se siguieron vehículos individuales con la ayuda de representaciones 3D de los vehículos en cruces, generadas mediante análisis de flujo óptico, véase p.ej. Alexander Barth y col., "Vehicle Tracking at Urban Intersections Using Dense Stereo", 3rd Workshop on Behaviour Monitoring and Interpretation, BMI, Ghent, 2009; David Pfeiffer y Uwe Franke, "Efficient Representation of Traffic Scenes by Means of Dynamic Stixels", IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), páginas 217 a 224, San Diego, EE.UU., 2010; L. Dreschler y H. -H. Nagel, "Volumetric Model and 3D-Trajectory of a Moving Car Derived from Monocular TV-Frame Sequences of a Street Scene", IJCAI'81 Proceedings of the 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence, páginas 692 a 697. Una vista general de aplicaciones de técnica de tráfico convencionales de procedimientos de flujo óptico la ofrecen V. Kastrinaki y col., "A Survey of Video Processing Techniques of Traffic Applications", Image and Vision Computing 21, páginas 359 a 381, 2003.

55 El documento DE19517029A1 da a conocer un procedimiento para medir la altura de un vehículo, siendo tomadas una primera y una segunda imagen de un vehículo que pasa, por medio de una cámara monocular, en dos momentos. A partir del procesamiento de las imágenes se detecta un canto del vehículo, cuya descripción de movimiento se determina. A partir de ello se determina la altura de dicho canto del vehículo.

60 El procedimiento según la invención hace prescindibles costosos sensores adicionales como por ejemplo escáneres láser y un calibrado complicado de cámaras estereoscópicas y permite con una sola cámara orientada desde arriba hacia la carretera una medición del perfil de altura de los vehículos, lo que nunca se ha estado pensando en el estado de la técnica.

65

Preferentemente, la cámara se orienta sustancialmente verticalmente hacia abajo a la carretera para dividir y de esta manera minimizar sombras en las superficies frontales delanteras y traseras del vehículo.

El perfil de altura medido puede ser tanto un perfil de altura 2.5D - por un perfil de altura 2.5D se entiende un perfil 3D que contiene solo la información de profundidad de imagen que es visible desde el ángulo visual y el punto de montaje de la cámara - como un perfil de altura 2D ("imagen seccional"); para este último preferentemente se elige un perfil de altura 2D de extensión paralela a la dirección longitudinal de la carretera: Para el movimiento de los vehículos en la dirección de marcha de estos, el análisis del flujo óptico proporciona precisamente en esta dirección la información de profundidad con el mayor valor informativo.

Por las mismas razones, el flujo óptico se analiza preferentemente de forma anisotrópica en la dirección longitudinal de la carretera. Los cantos de los vehículos que pasan cambian transversalmente a la dirección longitudinal entre las dos imágenes - a no ser que un vehículo esté cambiando de carril - de manera que esto se puede usar como condición marginal en el análisis del flujo óptico.

Preferentemente, el perfil de altura se escala con la ayuda de la velocidad del punto más bajo tomado del vehículo o de una sombra del vehículo en la carretera, a fin de generar un perfil de altura dimensionado correctamente.

Alternativamente, se puede conseguir una "auto-escalada" de los perfiles de altura a la velocidad de los vehículos, si los puntos de registro de las dos imágenes que han de ser evaluadas por análisis de flujo óptico se hacen dependientes de una detección del vehículo en posiciones predeterminadas en la carretera. Para ello, preferentemente, el primer momento es el momento en el que el vehículo es detectado en una primera posición en la carretera, y el segundo momento es el momento en el que el vehículo es detectado en una segunda posición en la carretera.

De forma especialmente preferible, la detección del vehículo en la primera y la segunda posición se realiza con la ayuda de sensores dispuestos en la carretera o mediante una evaluación de las imágenes de la cámara misma. Los sensores mencionados pueden ser por ejemplo barreras de luz, bucles de inducción en la calzada, escáneres o similares. Si las imágenes de la cámara misma se usan para la detección de la posición de los vehículos, se pueden detectar por ejemplo puntos significativos de la imagen del vehículo, por ejemplo una esquina en el contorno del vehículo, en posiciones predeterminadas en la imagen.

En otras formas de realización ventajosas de la invención, preferentemente, la imagen vectorial de movimiento, antes de que a partir de la misma se crea el perfil de altura, o el perfil de altura creado se compensan por el ángulo de apertura de la cámara y se corrigen de esta manera.

Para el análisis de flujo óptico se puede usar cualquier procedimiento de flujo óptico conocido en la técnica. A causa del movimiento relativamente grande de vehículos rápidos en la imagen se usa preferentemente un procedimiento de flujo óptico de variación total tal como se describe por ejemplo en T. Brox y J. Malik, "Large Displacement Optical Flow: Descriptor Matching in Variational Motion Estimation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, tomo 33, edición 3, páginas 500 a 513, 2011, estando disponible para Matlab bibliotecas de programas por ejemplo en <http://lmb.informatik.uni-freiburg.de/~resources/binaries/>.

Además, el procedimiento de la invención se puede usar para clasificar el vehículo medido, de tal forma que el perfil de altura creado se compara con perfiles de altura de referencia de clases de vehículos conocidas.

Para el procedimiento de la invención puede usarse cualquier cámara adecuada, por ejemplo una cámara fotográfica para la toma de imágenes individuales sucesivas o una videocámara. Preferentemente, como cámara se usa una cámara de vigilancia de tráfico montada en un puente tendido sobre la calle, especialmente una videocámara de vigilancia de tráfico, cuyo videostream (corriente de salida de imagen) se suministra al análisis de flujo óptico.

A continuación, la invención se describe en detalle con la ayuda de un ejemplo de realización representado en los dibujos adjuntos. En los dibujos, muestran:

- las figuras 1a y 1b, el procedimiento de la invención durante la toma de imagen de un vehículo que pasa debajo de una cámara monocular, en dos momentos diferentes;
- las figuras 2a a 2d, el procedimiento de la invención con la ayuda de datos de imagen, vectoriales y de perfil que aparecen en este;
- las figuras 3a y 3b, dos imágenes vectoriales de movimiento a título de ejemplo antes (figura 3a) y después (figura 3b) de la corrección;
- la figura 4, un perfil de altura 2.5D creado a partir de la imagen vectorial de movimiento corregida, en una vista en perspectiva; y
- la figura 5, un perfil de altura 2D creado a partir de la imagen vectorial de movimiento de las figuras 3a o 3b o a partir del perfil de altura 2.5D de la figura 4, es decir, la corrección posterior opcional de este.

Las figuras 1a y 1b muestran la estructura de medición básica para la realización del presente procedimiento para la medición de un perfil de altura de un vehículo 2 que pasa en una carretera 1. En las figuras 1a y 1b, el vehículo 2 está representado en dos posiciones diferentes, en concreto, en una primera posición representada con líneas discontinuas, en el momento  $t_1$ , y en una segunda posición representada con líneas continuas, en un momento  $t_2$  posterior.

Encima de la carretera 1, en un soporte 3 estacionario, por ejemplo un pilar con brazo voladizo o un puente ("gantry") tendido sobre la carretera, está montada, por ejemplo a una altura de montaje de 6 a 7 m, una cámara 4 orientada hacia abajo a la carretera 1. La cámara 4 es monocular, es decir que tiene un solo sensor de toma de imágenes (no representado) - generalmente cuadrado o rectangular - y un solo objetivo dispuesto delante de este, por lo que tiene un campo visual 8 en forma de pirámide inversa con un ángulo de apertura  $\alpha$  en un plano paralelo a la dirección longitudinal de carretera 5 y con un ángulo de apertura  $\beta$  (no representado) en un plano a la dirección longitudinal de carretera 5. Para mayor claridad, el vehículo 2 representado aquí a título de ejemplo tiene un perfil de altura muy diferenciado y simplificado con sustancialmente una superficie de cubierta 6 (alta) próxima a la cámara, en forma de un techo de cabina de conductor, y con una superficie de cubierta 7 (baja) alejada de la cámara, en forma de una plataforma de carga.

Se entiende que la cámara 4 también se puede orientar oblicuamente hacia abajo a la carretera 1, mientras en una parte de su campo visual 8 se pueda ver la sección de carretera de interés en la que pasa el vehículo 2.

Como se puede ver en las figuras 1a y 1b, un punto  $P_A$  próximo a la cámara se mueve por ejemplo sobre la superficie de cubierta 6 en un intervalo de tiempo  $\Delta t = t_2 - t_1$  entre el primer momento  $t_1$  y el segundo momento  $t_2$  en el campo visual 8 de la cámara 4, aparentemente alrededor de un vector de movimiento  $x_A$ , mientras que un punto de imagen  $P_B$  alejado de la cámara se mueve por ejemplo sobre la superficie de cubierta 7 en el mismo intervalo de tiempo  $\Delta t$  entre los mismos (u otros) momentos, alrededor del vector de movimiento  $x_B$  más pequeño.

La figura 2a muestra las imágenes tomadas (frames)  $F_1, F_2$  de la cámara 4, correspondientes a las situaciones de las tomas de las figuras 1a y 1b, en los dos momentos  $t_1, t_2$ . Las dos imágenes  $F_1, F_2$  son suministradas a un procedimiento de análisis de flujo óptico (optical flow análisis). El procedimiento del análisis de flujo óptico es conocido en la técnica y determina, por ejemplo a causa de puntos significativos ("feature points") detectados en las imágenes  $F_1, F_2$ , vectores de movimiento  $X_A, X_B$  de los puntos significativos ("sparse approach"). Alternativamente, se pueden tener en consideración todos los puntos de imagen, de tal forma que sus vectores de movimiento buscados se consideran como parte integrante de una función de destino a minimizar, es decir que se busca aquella matriz de vector de movimiento que mejor refleje el cambio del flujo óptico  $F$  entre las imágenes  $F_1$  y  $F_2$  ("dense approach"). Las implementaciones preferibles del "dense approach" son el procedimiento de flujo óptico de variación total en el que la función de destino es un término de energía a minimizar que tiene en consideración los cambios de intensidad luminosa y de color entre las imágenes. También otros términos (de orden superior) se pueden tener en consideración para seguir mejorando los resultados. Para los detalles del análisis de flujo óptico y en especial del procedimiento de flujo óptico de variación total se remite a las fuentes de literatura mencionadas al principio T. Brox y J. Malik, Large Displacement Optical Flow: Descriptor Matching in Variational Motion Estimation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, tomo 33, edición 3, páginas 500 a 513, 2011; en URL: <http://imb.informatik.uni-freiburg.de/~resources/binaries/> está disponible por ejemplo una implementación Matlab-C-mex de estos procedimientos.

Como condiciones marginales para el análisis de flujo óptico de variación total se pueden usar términos de "smoothness" especiales que incluyan como requisito el escaso o nulo movimiento del vehículo 2 transversalmente con respecto a la dirección longitudinal de carretera 5, a fin de facilitar la consecución del objetivo de minimización. Para conseguir una buena separación entre diferentes objetos (carretera, vehículo) y no aplanar el canto entre el vehículo y la carretera, preferentemente se aplanan de forma anisotrópica (paralelamente con respecto a los cantos que aparecen en las imágenes).

Dado que los vectores de movimiento  $x(P)$  son muy pequeños para vehículos lentos y son nulos para vehículos parados, preferentemente en estas situaciones se aumenta el intervalo de tiempo  $t_2 - t_1$  entre las dos imágenes  $F_1$  y  $F_2$  analizadas. Por lo tanto, de esta manera no se analizan necesariamente imágenes directamente seguidas del videostream de la cámara 4, si es una videocámara, sino imágenes separadas correspondientemente en el tiempo. Preferentemente, los momentos de toma  $t_1$  y  $t_2$  de las dos imágenes  $F_1$  y  $F_2$  se eligen justo de tal forma que el vehículo 2 se encuentre respectivamente en una posición predefinida en la carretera 1, como se describe con más detalle más adelante. Se entiende que la cámara también puede tomar más de dos imágenes  $F_1$  y  $F_2$  en más de dos momentos  $t_1, t_2$  y que estas imágenes pueden incluirse en el análisis de flujo óptico.

La figura 2b muestra el resultado del análisis de flujo óptico de la figura 2a en forma de una imagen vectorial de movimiento  $V$  que contiene un vector de movimiento  $x(P)$  para cada punto de imagen  $P$  de la imagen de cámara  $F_1$  o  $F_2$ . La figura 2b es un dibujo muy esquematizado con pocos vectores de movimiento representados de forma simbólica; en realidad, la imagen vectorial de movimiento  $V$  es una matriz o un array en el que cada celda o píxel  $P$  contiene un vector de movimiento  $x(P)$ .

La figura 3a muestra otra forma de representación de la imagen vectorial de movimiento  $V$  de la figura 2b, en la que los valores absolutos ("velocidades") de los vectores de movimiento  $x(P)$  han sido clasificados (cuantificados) en diferentes áreas de graduación; como se puede ver, aquí aparecen claramente la superficie de cubierta 6 (techo de cabina) del vehículo 2 con una alta velocidad (aparente) y la superficie de cubierta 7 (plataforma) del vehículo 2 con una baja velocidad (aparente).

A partir de la imagen vectorial de movimiento  $V$  (figuras 2b, 3a) se puede determinar ahora directamente la distancia y (figuras 1a, 1b) de un punto del vehículo 2 con respecto a la cámara 4: Un alto valor absoluto del vector de movimiento  $x(P)$  indica una pequeña distancia  $y$ , y viceversa. La imagen vectorial de movimiento  $V$  constituye por tanto al mismo tiempo un relieve de altura o perfil de altura - aunque "en bruto" por no estar escalado - del vehículo 2 que pasa en la carretera 1.

Lo muestra de forma ilustrativa la figura 4 en la que a los valores absolutos de los vectores de movimiento  $x(P)$  de la imagen vectorial de movimiento  $V$  han sido asignadas distancias  $y$ , y estas han sido representadas gráficamente. La representación de la figura 4 muestra por tanto un perfil de altura 3D, más precisamente: un perfil de altura 2.5D  $W_{2.5}$  del vehículo 2. Realizando una sección en un plano 9 paralelo a la dirección longitudinal de la carretera, a partir del perfil de altura 3D o 2.5D  $W_{2.5}$  de la figura 4 se puede crear un perfil de altura 2D  $W_2$  que está representado en la figura 5.

En la figura 5 se puede ver que el perfil de altura  $W_{2.5}$  o  $W_2$  contemplado hasta ahora está distorsionado conforme al ángulo de apertura  $\alpha$  de la cámara 4 en la dirección longitudinal de carretera 5 (y también conforme al ángulo de apertura  $\beta$  transversal con respecto a esta). Por lo tanto, con la ayuda de un cálculo de compensación geométrica correspondiente, el perfil de altura 2D  $W_2$  de la figura 5 (o el perfil de altura 2.5D  $W_{2.5}$  de la figura 4 puede ser compensado, es decir corregido, por el ángulo de apertura  $\alpha$  (y opcionalmente también  $\beta$ ) de la cámara 4, como está ilustrado esquemáticamente por las flechas 10 en la figura 5; el perfil de altura 2D corregido está designado por  $W_2'$  en la figura 5. Las figuras 2c y 2d muestran esquemáticamente en detalle el paso de la corrección de un perfil de altura 2D  $W_2$  por el ángulo de apertura  $\alpha$  en la dirección longitudinal de carretera 5, con la ayuda de un vehículo 2 en forma de furgoneta con superficies frontales 11, 12 verticales.

La corrección por el ángulo de apertura  $\alpha$  (o  $\beta$ ) puede realizarse tanto directamente en los perfiles de altura  $W_{2.5}$ ,  $W_2$ , como previamente en la imagen vectorial de movimiento  $V$ . Esto está representado en la figura 3b que muestra la imagen vectorial de movimiento  $V$  de la figura 3a después del paso de la corrección por el ángulo de apertura  $\alpha$ ,  $\beta$  muestra; la imagen vectorial de movimiento corregida está designada por  $V'$ . Por lo tanto, la creación de un perfil de altura 2.5D  $W_{2.5}'$  corregido o de un perfil de altura 2D  $W_2'$  puede realizarse también directamente a partir de la imagen vectorial de movimiento  $V'$  corregida de la figura 3b.

A continuación, los perfiles de altura  $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5}'$ ,  $W_2$ ,  $W_2'$  se pueden usar para la clasificación del vehículo 2, por ejemplo de tal forma que a partir de los mismos se calculan parámetros significativos del vehículo 2 como la altura y la longitud, o los perfiles de altura se comparan con un bloque de perfiles de altura de referencia almacenados previamente de clases de vehículos conocidas.

Si se conoce la velocidad propia  $v$  del vehículo 2, por ejemplo mediante medición por medio de sensores separados tales como barreras de luz, bucles de inducción en la calzada 1, escáneres etc., puede ser incluida directamente en el análisis de flujo óptico de la figura 2a, y las imágenes vectoriales de movimiento  $V$ ,  $V'$  y los perfiles de altura  $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5}'$ ,  $W_2$ ,  $W_2'$  contienen valores absolutos, es decir que están escalados, de manera que a partir de las mismas pueden desprenderse por ejemplo la altura y la longitud correctas del vehículo 2. Si la velocidad propia  $v$  del vehículo 2 no es conocida o se mide por separado, especialmente si se prevé solo una única cámara 4 para la realización del procedimiento de flujo óptico descrito, en las imágenes  $F_1$ ,  $F_2$ , como valor de referencia se puede recurrir al punto  $P_3$  más bajo que se mueve, es decir más alejado de la cámara - o a una sombra del vehículo 2 en la carretera 1 - y se pueden referenciar y por tanto escalar la imagen vectorial de movimiento  $V$ ,  $V'$  o los perfiles de altura  $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5}'$ ,  $W_2$ ,  $W_2'$ . También sería posible detectar una sombra del vehículo 2 en la carretera 1, por ejemplo un punto más extremo de esta sombra, en las imágenes  $F_1$  y  $F_2$  y usarla para la medición de velocidad para escalar según la misma los perfiles de altura  $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5}'$ ,  $W_2$ ,  $W_2'$ .

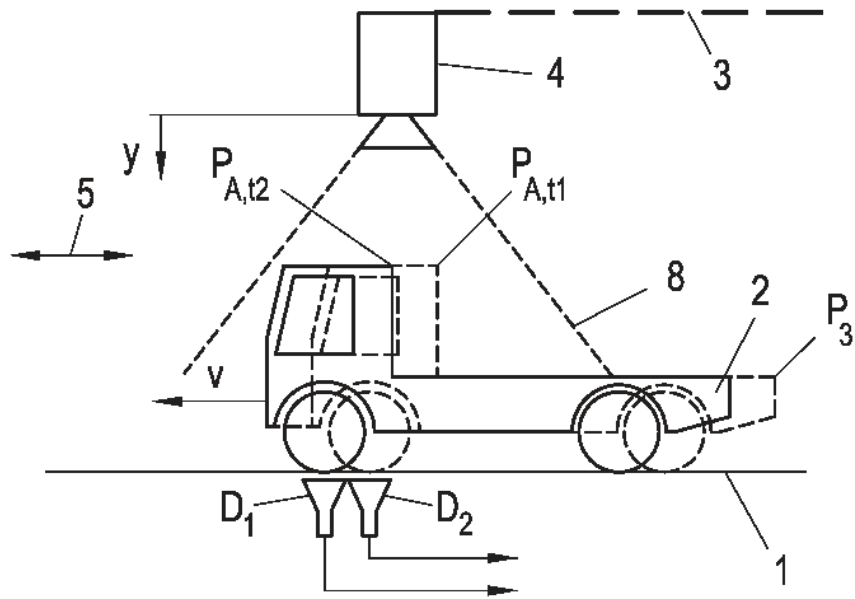
Alternativamente, de forma previsor, los momentos de toma  $t_1$ ,  $t_2$  de las dos imágenes  $F_1$ ,  $F_2$  analizadas pueden elegirse de tal forma que correspondan a posiciones predeterminadas del vehículo 2 en la carretera 1. Por ejemplo, con la ayuda de detectores de radar  $D_1$ ,  $D_2$  integrados en la carretera, por ejemplo bucles de inducción, barreras de luz, escáneres etc., pero también mediante una evaluación de las imágenes continuas (del videostream) de la cámara 4 misma, se pueden detectar los dos momentos  $t_1$ ,  $t_2$  en los que el vehículo 2 adopta las dos posiciones representadas en la figura 1a con líneas continuas y discontinuas, para tomar entonces respectivamente una de las tomas de imagen  $F_1$ ,  $F_2$ . De esta manera, los perfiles de altura  $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5}'$ ,  $W_2$ ,  $W_2'$  se escalan automáticamente con la velocidad correcta.

Evidentemente, con el procedimiento de la invención también se puede crear respectivamente un perfil de altura  $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5}'$ ,  $W_2$ ,  $W_2'$  de varios vehículos en el alcance visual de la cámara 4. Por lo tanto, la invención no se limita a

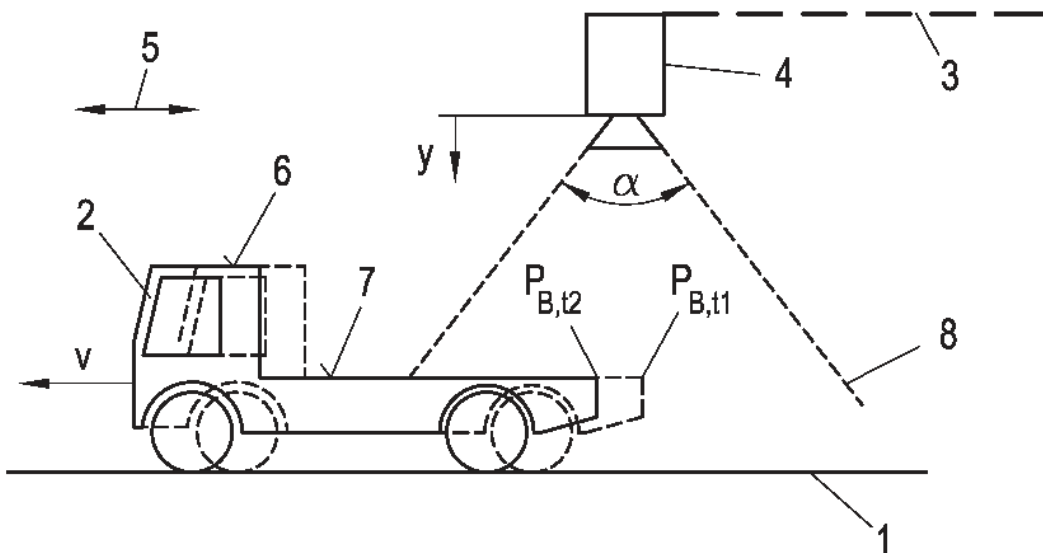
las formas de realización representadas, sino que abarca cualquier variante y modificación dentro del marco de las reivindicaciones subordinadas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la medición de un perfil de altura ( $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5'}$ ,  $W_2$ ,  $W_2'$ ) de un vehículo (2) que pasa en una carretera (1), que comprende:
- 5 la orientación de una cámara monocular (4) desde un punto por encima de la carretera (1) hacia la carretera (1) con un ángulo de apertura ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) que alcanza desde arriba una sección de la carretera (1), la toma de al menos una primera imagen ( $F_1$ ) del vehículo (2) que pasa, mediante la cámara (4), en un primer momento ( $t_1$ ), la toma de al menos una segunda imagen ( $F_2$ ) del vehículo (2) que pasa, mediante la cámara (4), en un segundo momento ( $t_2$ ),
- 10 la generación de una imagen vectorial de movimiento ( $V$ ,  $V'$ ) del vehículo (2) a partir de un análisis del flujo óptico ( $F$ ) entre la primera y la segunda imagen ( $F_1$ ,  $F_2$ ), y la creación del perfil de altura ( $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5'}$ ,  $W_2$ ,  $W_2'$ ) del vehículo (2) a partir de la imagen vectorial de movimiento ( $V$ ,  $V'$ ).
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la cámara (4) se orienta en esencia verticalmente hacia abajo a la carretera (2).
- 20 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el perfil de altura ( $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5'}$ ) es un perfil de altura 2.5D.
4. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el perfil de altura ( $W_2$ ,  $W_2'$ ) es un perfil de altura 2D que se extiende paralelo con respecto a la dirección longitudinal de carretera (5).
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el perfil de altura ( $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5'}$ ,  $W_2$ ,  $W_2'$ ) se escala con la ayuda de la velocidad ( $v$ ) del punto ( $P_3$ ) más bajo registrado del vehículo (2) o de una sombra del vehículo (2) en la carretera (1).
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el primer momento ( $t_1$ ) es el momento en el que el vehículo (2) es detectado en una primera posición en la carretera (1), y el segundo momento ( $t_2$ ) es el momento en el que el vehículo es detectado en una segunda posición en la carretera (1).
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por que** la detección del vehículo (2) en la primera y la segunda posición se realiza con la ayuda de sensores dispuestos en la carretera (1) o por medio de una evaluación de las imágenes ( $F_1$ ,  $F_2$ ) de la cámara (4) misma.
- 40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por** el paso adicional de la corrección (10) de la imagen vectorial de movimiento ( $V$ ) para la compensación del ángulo de apertura ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) antes de que a partir de la misma se crea el perfil de altura ( $W_{2.5'}$ ,  $W_2'$ ).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por** el paso adicional de la corrección (10) del perfil de altura ( $W_{2.5}$ ,  $W_2$ ) para la compensación del ángulo de apertura ( $\alpha$ ,  $\beta$ ).
- 45 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** para el análisis del flujo óptico ( $F$ ) se usa un procedimiento de flujo óptico de variación total.
- 50 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por** el paso adicional de la clasificación del vehículo (2) con la ayuda de una comparación del perfil de altura ( $W_{2.5}$ ,  $W_{2.5'}$ ,  $W_2$ ,  $W_2'$ ) creado con perfiles de altura de referencia de clases de vehículo conocidas.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** como cámara (4) se usa una cámara de vigilancia de tráfico montada por encima de la carretera (1).

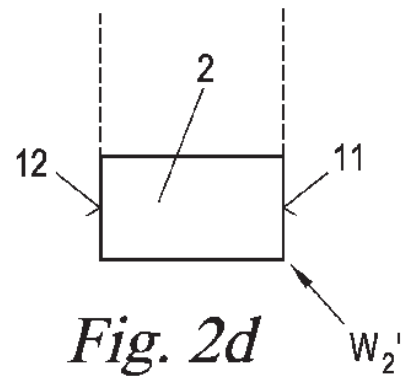
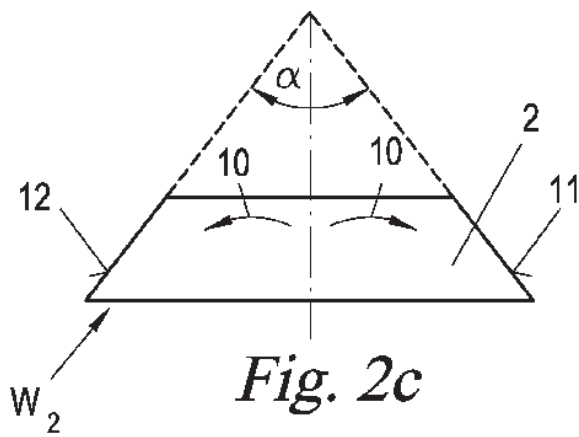
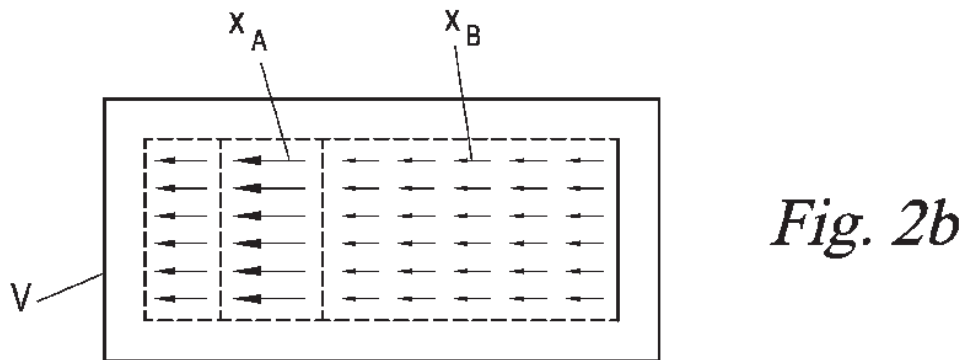
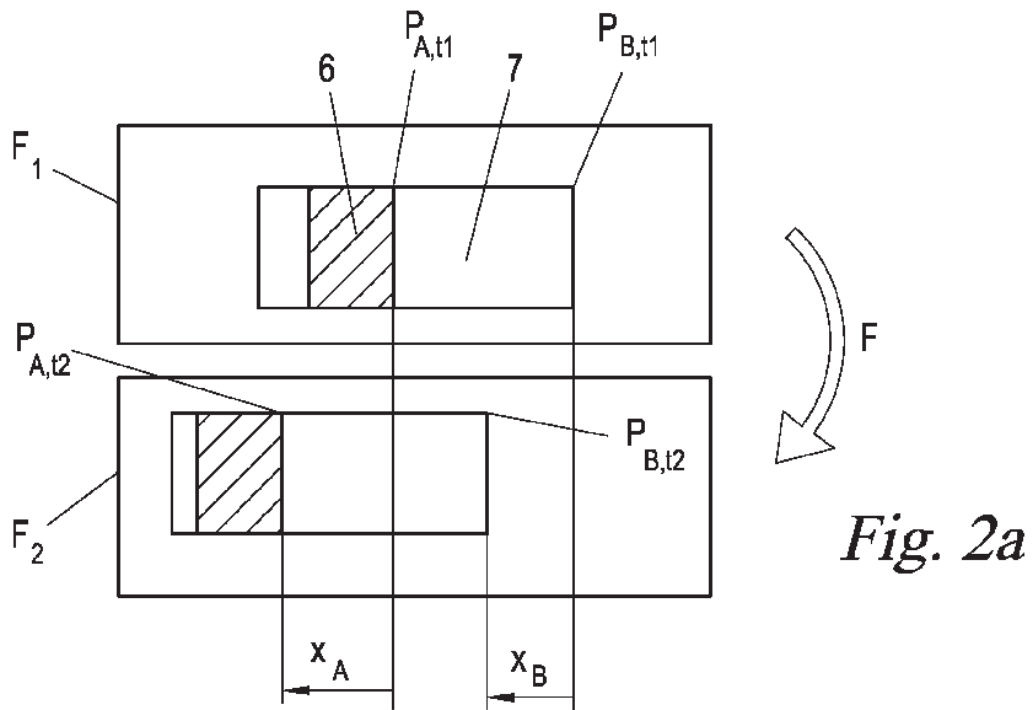


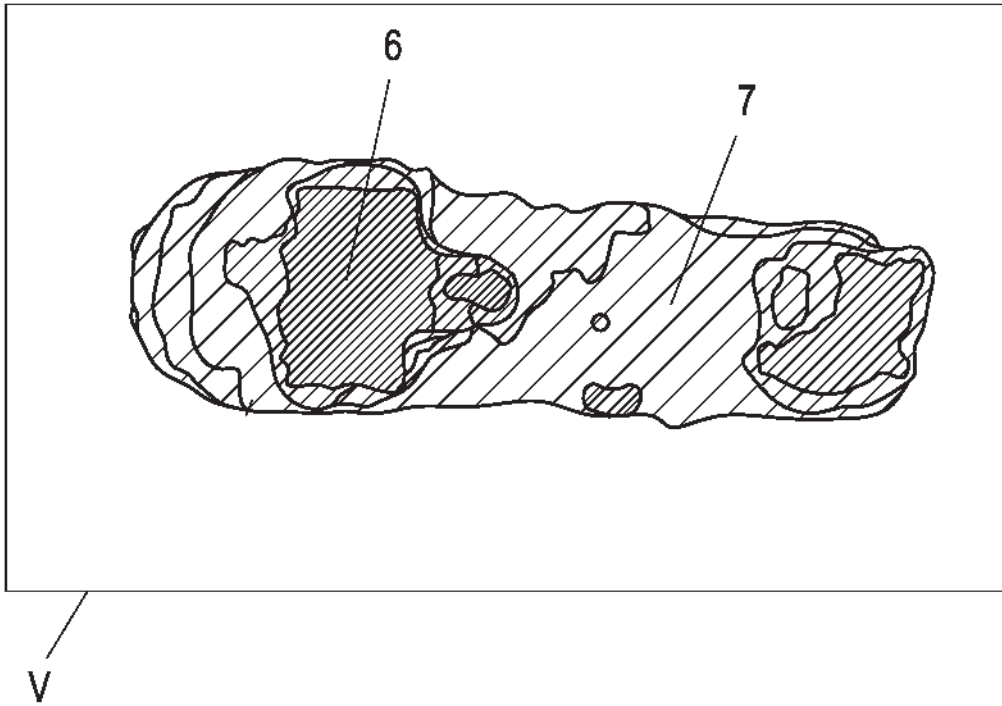
*Fig. 1a*



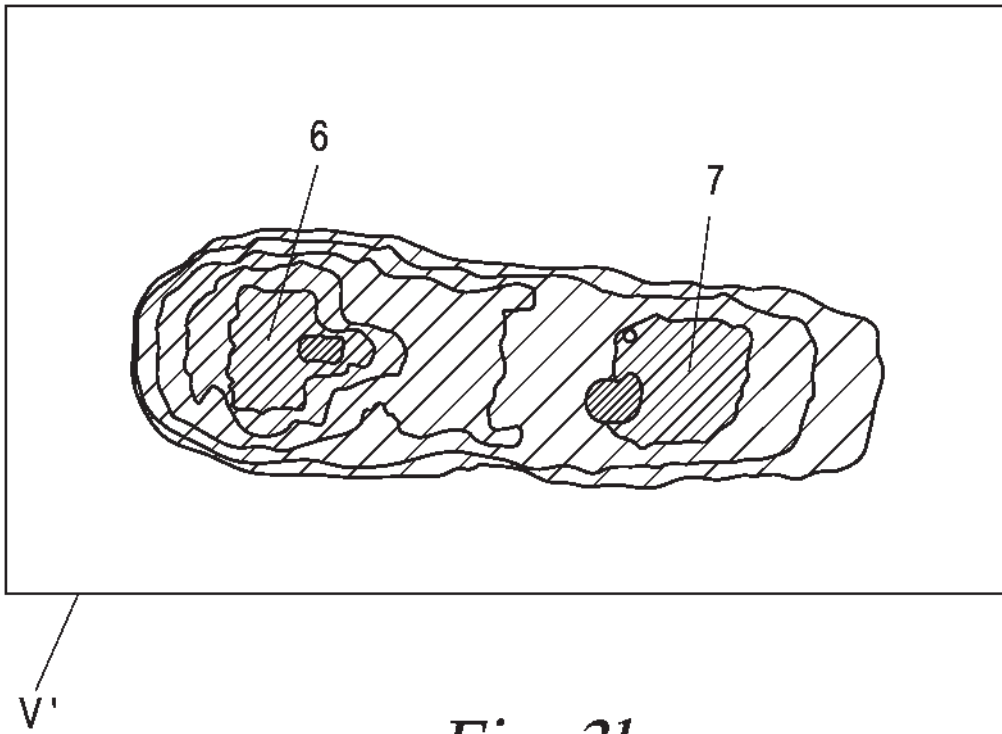
*Fig. 1b*



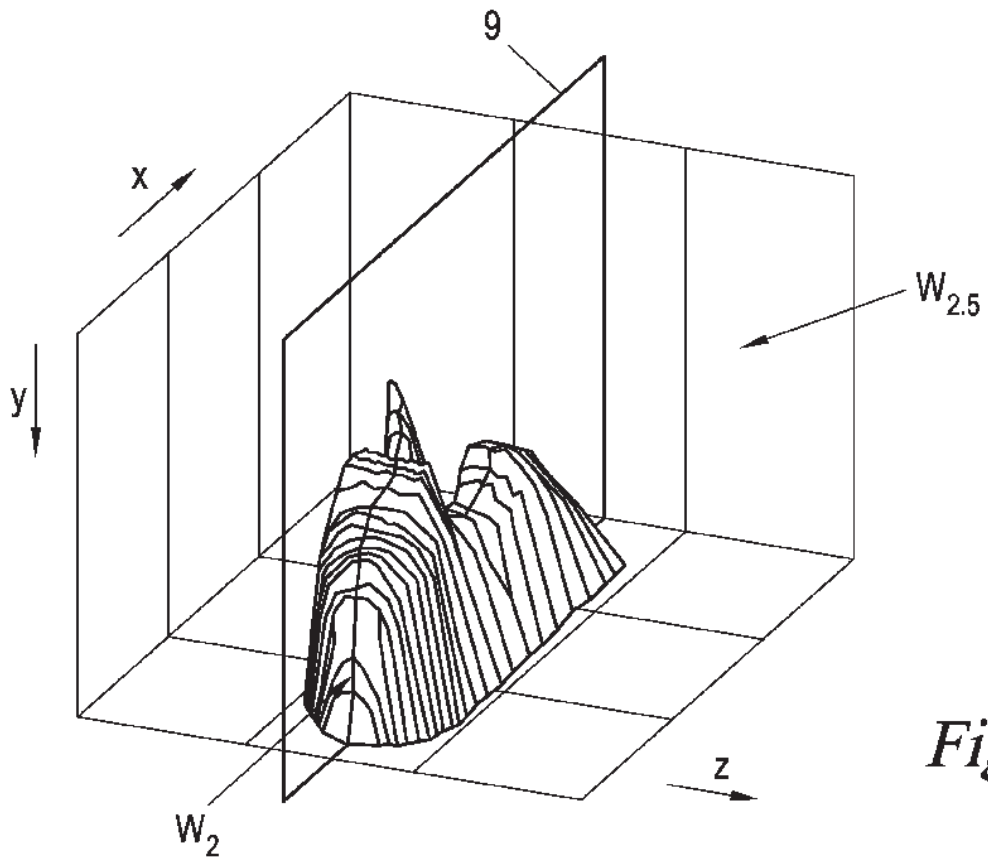




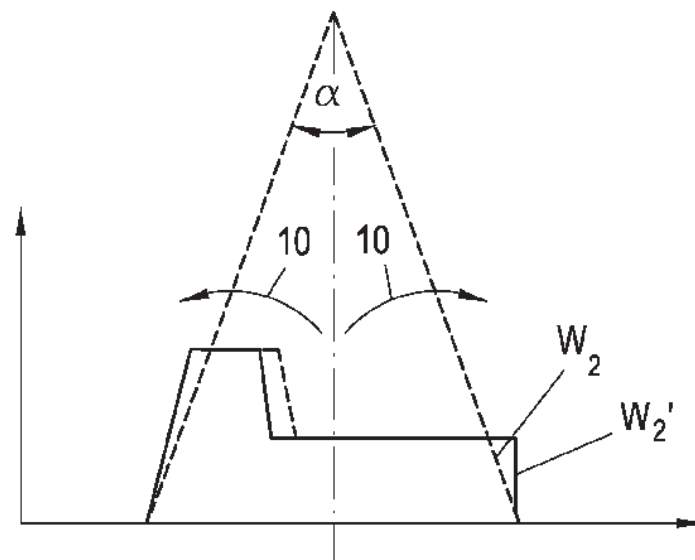
*Fig. 3a*



*Fig. 3b*



*Fig. 4*



*Fig. 5*