

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 507**

51 Int. Cl.:

**A22C 25/08** (2006.01) *G01N 21/84* (2006.01)  
**G01B 11/06** (2006.01)  
**A22C 17/00** (2006.01)  
**B07C 5/342** (2006.01)  
**G01B 11/30** (2006.01)  
**G01N 21/892** (2006.01)  
**G06V 10/145** (2012.01)  
**G06V 10/44** (2012.01)  
**G06V 10/60** (2012.01)  
**G06V 20/68** (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.04.2021 PCT/EP2021/058900**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2022 WO22214159**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2021 E 21717810 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2024 EP 4319560**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para detectar defectos en la superficie de artículos convexos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.04.2025**

73 Titular/es:  
**NORDISCHER MASCHINENBAU RUD. BAADER  
GMBH + CO KG (100.00%)  
Geniner Strasse 249  
23560 Lübeck, DE**

72 Inventor/es:  
**JACOBSEN, ULF**

74 Agente/Representante:  
**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 3 014 507 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento y dispositivo para detectar defectos en la superficie de artículos convexos

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para detectar automáticamente defectos en la superficie de artículos convexos de la industria alimentaria. Además, la invención se refiere a un dispositivo para detectar automáticamente defectos en la superficie de artículos convexos de la industria alimentaria.

10 Los procedimientos y dispositivos de este tipo se usan en el procesamiento automático de artículos de la industria alimentaria. El objetivo es detectar automáticamente posibles defectos en los artículos para comprobar así, por ejemplo, si los artículos cumplen los requisitos de calidad deseados. La detección y localización de defectos también sirve, entre otras cosas, para proporcionar los datos básicos necesarios para un recorte o repasado automáticos, para poder cortar o separar posibles defectos.

15 Por ejemplo, el documento EP 2 531 038 B1 muestra un equipo de procesamiento de alimentos para detectar y cortar tejidos duros de productos alimenticios. Los posibles defectos se detectan de acuerdo con las enseñanzas del documento EP 2 531 038 B1 mediante rayos X.

20 En el documento DS 10 2009 036389 A1 se determina mediante un láser de línea y una cámara la altura de los artículos en una cinta transportadora con el fin de detectar defectos.

25 El uso de rayos X en la evaluación de la calidad y de los defectos de artículos de la industria alimentaria siempre va asociado a un mayor esfuerzo y, en consecuencia, a unos costes más elevados. Puesto que los artículos se examinan mediante rayos X para detectar posibles defectos, es necesario proporcionar equipos de transporte correspondientemente adaptados, que son suficientemente permeables a los rayos X, al menos en la zona de detección de defectos. Además, hay que tener en cuenta el esfuerzo y los costes que suponen el funcionamiento y el mantenimiento de la fuente de rayos X, así como el cumplimiento de las normas de seguridad exigidas en la manipulación de rayos X, en particular las relativas a la protección radiológica. En general, un examen de los artículos mediante rayos X supone un gran esfuerzo.

30 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento que garantice una detección fiable de posibles defectos presentes en la superficie de artículos convexos de la industria alimentaria, que permita al mismo tiempo simplificar al máximo la complejidad en cuanto a aparatos. En particular, el objetivo de la invención es garantizar dicha detección de defectos sin el uso de rayos X. Además, el objetivo consiste en proponer un dispositivo correspondiente.

35 El objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características mencionadas al principio en el sentido de que el procedimiento comprende los siguientes pasos: el transporte de los artículos mediante una cinta transportadora en una dirección de transporte, la iluminación de los artículos mediante una fuente de luz láser lineal dispuesta por encima de la cinta transportadora, de modo que una línea láser generada mediante la fuente de luz láser lineal está orientada transversalmente a la dirección de transporte, la detección línea por línea de la luz retrodispersada mediante una cámara dispuesta por encima de la cinta transportadora durante el transporte de los artículos, respectivamente mediante el registro de un perfil de línea, la determinación de datos de altura de línea brutos que representan las alturas de la sección transversal a partir del perfil de línea registrado, la determinación de datos de altura de superficie brutos compilando los datos de altura de línea brutos determinados en la dirección de transporte, la determinación de datos de altura de superficie aplanados mediante filtrado de los datos de altura de línea brutos y/o de los datos de altura de superficie brutos utilizando al menos un criterio de filtrado, la determinación de datos de altura diferenciales mediante sustracción de los datos de altura de superficie aplanados de los datos de altura de línea brutos. Preferentemente, la cámara está configurada como cámara lineal. En particular, se utilizan cámaras de la serie de productos "RANGER" de la empresa SICK.

40 El procedimiento de acuerdo con la invención ofrece la ventaja de que los posibles defectos en la superficie de artículos convexos de la industria alimentaria pueden detectarse de forma fiable y automática con una complejidad en cuanto a aparatos comparativamente reducida.

55 Para ello, se utiliza exclusivamente luz en el rango de longitudes de onda visibles y/o infrarrojas. Otra ventaja es que la detección de posibles defectos se realiza únicamente mediante exploración óptica de la superficie de los artículos a examinar. Por lo tanto, los artículos pueden transportarse en una cinta transportadora sin fin habitual. Por lo tanto, los equipos ópticos necesarios para la detección automática de los defectos se limitan a la fuente de luz láser lineal, así como la cámara.

60 En particular, la cámara está configurada para registrar respectivamente perfiles de línea de los artículos iluminados por la fuente de luz láser lineal. En otras palabras, los artículos se exploran ópticamente línea por línea. A partir de estos perfiles de línea se determinan datos de altura de línea brutos, es decir, para cada perfil de línea que refleja la distribución de luminosidad de la parte de luz retrodispersada por el artículo de una parte de luz explorada, se determina un conjunto de datos correspondiente, que corresponde a un perfil de altura a lo largo de esta línea.

Así, los datos geométricos, es decir, la respectiva altura del artículo medida desde la superficie de la cinta transportadora, se determinan a partir de los perfiles de línea registrados ópticamente para cada una de dichas líneas. Además, mediante la determinación de datos de altura de superficie brutos, que resultan compilando la altura de línea  
 5 bruta en la dirección de transporte, se determina un perfil de altura para todo el artículo ópticamente escaneado por encima del plano (x,y). La dirección x se refiere en este sentido a la dirección paralela a la dirección de transporte, mientras que la dirección y se extiende en ángulo recto con respecto a esta. Para ello se detecta por ejemplo la velocidad de la cinta en la dirección de transporte o se especifica electrónicamente la velocidad de la cinta, de modo que se sabe en todo momento dónde se encuentra el artículo y cómo se compilan las alturas de línea brutas para  
 10 formar dicho perfil de altura.

El procedimiento de acuerdo con la invención ofrece así la ventaja de que permite detectar únicamente mediante escaneado óptico automáticamente defectos en los artículos. Así, de acuerdo con la invención, los datos de altura de superficie aplanados se determinan mediante un filtrado adecuado a partir de los datos de altura de superficie brutos.  
 15 Mediante la generación posterior de datos de altura diferenciales mediante sustracción de los datos de altura de superficie brutos de los datos de altura de superficie aplanados se determinan datos de altura diferenciales que proporcionan información sobre posibles defectos en los artículos. De esta manera, el procedimiento de acuerdo con la invención proporciona una solución que, por un lado, va unida a una complejidad técnica reducida en cuanto a aparatos y, por otro lado, también resulta ser especialmente favorable en términos de costes.

Una configuración conveniente de la invención está caracterizada por comparar los datos de altura diferenciales con al menos un valor umbral predeterminado  $t_1$  para detectar los defectos en la superficie de los artículos y determinar datos de defectos que representan al menos las posiciones de los defectos. Esto ofrece la ventaja de que, con ayuda de los datos de defectos, pueden identificarse directamente la(s) posición o posiciones de posibles defectos.  
 20

Mediante la especificación de dicho valor umbral, además es posible adaptar la sensibilidad del procedimiento de acuerdo con la invención para detectar posibles defectos en los artículos a las circunstancias respectivamente existentes. Esto permite una detección fiable y precisa de posibles defectos, en particular una adaptación cómoda del umbral de activación a partir del cual se detectan defectos. Por ejemplo, la sensibilidad de la detección automática de defectos puede adaptarse así de forma óptima a los artículos que se van a inspeccionar respectivamente.  
 25  
 30

Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por la búsqueda de clústeres en los datos de altura diferenciales y la clasificación de los mismos como defectos. Esto ofrece la ventaja de que solo se detectan como defectos aquellas zonas en las que se presenta una acumulación correspondiente. De este modo, la detección de posibles defectos es extremadamente robusta frente a las perturbaciones. Para que una zona se reconozca como defecto, la acumulación mencionada debe producirse en una zona espacial (bidimensional), para que la misma se detecte e identifique unívocamente como tal.  
 35

Otro perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por que la iluminación mediante la fuente de luz láser lineal, que en lo sucesivo también se denominará de forma abreviada fuente de luz láser, se realiza oblicuamente, estando dispuesta de forma inclinada la fuente de luz láser lineal con respecto al vector normal de la cinta transportadora en un ángulo de iluminación comprendido en el intervalo entre  $10^\circ$  y  $80^\circ$ .  
 40

La posición inclinada de la fuente de luz láser tiene un efecto ventajoso sobre la iluminación del artículo que se va a escanear ópticamente, ya que las diferentes alturas del artículo provocan una "desviación" correspondientemente más grande de la línea de luz láser con respecto a una línea de base de luz láser que discurre a la misma altura, que se ajustaría a un artículo de altura constante, de modo que la determinación posterior de los datos de altura de línea brutos experimenta una resolución correspondientemente mayor.  
 45

Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que el registro del perfil de línea se realiza con un ángulo de registro entre  $15^\circ$  y  $90^\circ$  con respecto al vector normal de la cinta transportadora. En otras palabras, el registro del perfil de línea se realiza o bien en posición oblicua o con una vista desde la perpendicular dirigida hacia el artículo.  
 50

Según otra configuración preferida de la invención, el valor del ángulo de registro es inferior al valor del ángulo de iluminación. Esto tiene la ventaja de que tanto la iluminación de los artículos con la línea láser por la fuente de luz láser como la observación de la luz retrodispersada mediante la cámara tienen lugar en una posición oblicua en contra de la dirección de transporte. De este modo se impide que unas elevaciones, es decir, zonas de los artículos de mayor altura, provoquen sombras no deseadas en la fuente de luz láser, que de otro modo podrían interferir en la generación de los datos de altura de línea brutos.  
 55  
 60

Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que los datos de altura de superficie brutos se comparan con un valor umbral inferior predeterminado  $t_u$ , y si estos son inferiores al valor umbral inferior  $t_u$ , son identificados como fondo. Ventajosamente, así tiene lugar una diferenciación entre el fondo, que está formado en particular por la cinta transportadora, y un artículo transportado en la misma. Otra ventaja está en que, gracias a la separación de la información de altura del fondo y del artículo, los bordes de los artículos pueden identificarse  
 65

unívocamente en los datos de altura de superficie.

5 Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que los datos de altura de superficie brutos se comparan con un valor umbral superior predeterminado  $t_0$ , y si estos son superiores al valor umbral superior  $t_0$ , son identificados como errores de medición. En particular, mediante la elección de un valor umbral superior que está por encima de los valores de altura máximos esperados, pueden suprimirse de forma fiable las perturbaciones causadas por errores de medición o artefactos. Los valores de altura inadmisibles de este tipo se suprimen de este modo y, por lo tanto, ya no forman una magnitud perturbadora relevante, que podría influir negativamente en el procesamiento posterior.

10 Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que la determinación de datos de altura de superficie aplanados y/o de datos de altura de línea brutos se realiza al menos mediante filtrado por interpolación. De este modo, se obtienen datos de altura de superficie aplanados mediante filtrado, que representan por así decirlo un artículo idealizado con una superficie lo más plana posible. Por lo tanto, este artículo hipotético determinado mediante los datos de altura de superficie aplanados no presenta irregularidades de superficie locales, sino una superficie continuamente plana, es decir, una superficie que presenta cambios de altura locales insignificantes en relación con el tamaño de todo el artículo.

20 Según otra forma de realización preferida, el filtrado se realiza por interpolación lineal a trozos. Esto ofrece la ventaja de una complejidad numérica lo más reducida posible, con una precisión suficiente para calcular los datos de altura de superficie aplanados.

25 Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que el filtrado comprende una supresión de ruidos/perturbaciones. Esto ofrece la ventaja de que las perturbaciones de señales pequeñas, en particular las que actúan según una distribución estadística, por ejemplo por ruido blanco, pueden suprimirse eficazmente. De este modo se evita que perturbaciones provoquen evaluaciones incorrectas en lo que respecta a la determinación de los datos de defectos.

30 Otro perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por que la supresión de ruidos/perturbaciones se realiza mediante filtrado morfológico. En otras palabras, la supresión de ruidos/perturbaciones se realiza manteniéndose estructuras grandes de los respectivos datos de altura de línea brutos y/o datos de altura de superficie y eliminándose estructuras pequeñas. De este modo, se eliminan por completo, o al menos en gran medida, las perturbaciones anteriormente existentes.

35 Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por la realización de una detección de bordes de los datos de altura de línea brutos y/o de los datos de altura de superficie aplanados para determinar el borde de los artículos y enmascarar los datos de altura de línea brutos y/o los datos de altura de superficie aplanados localizados en una zona de borde, extendiéndose la zona de borde desde el borde de los artículos hasta un límite de zona de borde distanciado de este borde lo que corresponde a una anchura de borde predeterminada, así como la supresión de los datos de altura de línea brutos enmascarados y/o de los datos de altura de superficie aplanados en la determinación de los datos de altura diferenciales.

45 Ventajosamente, se detecta así en primer lugar el borde exterior del respectivo artículo y, partiéndose de este borde exterior detectado, se define una zona de borde que a continuación se elimina por enmascaramiento, es decir, no se tiene en cuenta en el procesamiento. Esto es ventajoso, en particular, ya que, precisamente en la zona de los bordes de los artículos, la tasa de cambio o el gradiente de la altura del artículo son relativamente altos. Si las tasas de cambio tan grandes de la altura de los artículos no se eliminaran por enmascaramiento, como se ha descrito anteriormente, estas podrían dar lugar, dado el caso, a una clasificación errónea como defectos de estas zonas de los bordes. Esto se descarta de forma fiable gracias a las características del procedimiento mencionadas, por lo que aumenta significativamente la robustez general del procedimiento de acuerdo con la invención con respecto a las evaluaciones erróneas y se garantiza en todo momento una detección fiable de defectos.

50 Un perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por la búsqueda de clústeres de defectos en los datos de defectos y la identificación de aquellos clústeres de defectos cuya medida de superficie rebasa un valor umbral de superficie inferior predeterminado  $t_f$ , como defectos. La especificación de un valor umbral de superficie inferior ofrece la ventaja de que solo se evalúan como defectos los clústeres de defectos cuya medida de superficie es superior a dicho valor umbral.

60 De este modo se garantiza que solo se clasifiquen como defectos las zonas que presentan una extensión superficial suficiente. Por un lado, esto hace que la evaluación sea más robusta frente a posibles perturbaciones y, por otro lado, puede adaptarse mediante la especificación de dicho valor umbral inferior la clasificación de si se trata o no de un defecto a las respectivas circunstancias, en particular a las propiedades de los artículos a inspeccionar.

65 Según otra forma de realización preferida, los artículos son filetes de pescado y los defectos son posibles intersticios presentes en los filetes de pescado. Por lo tanto, la presente invención es adecuada, en particular, para detectar automáticamente defectos en forma de intersticios, que también se denominan "gaps" en la superficie de filetes de

pescado. Por lo tanto, con el procedimiento de acuerdo con la invención es posible determinar de forma totalmente automática la calidad de filetes de pescado con ayuda de dichos defectos.

5 Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que la iluminación de los filetes de pescado se realiza con luz láser roja. La iluminación con luz láser roja tiene un efecto positivo, en particular, en la riqueza del contraste de la luz retrodispersada, de modo que los perfiles de línea registrados mediante la cámara pueden convertirse con gran precisión en datos de altura de línea brutos.

10 Otro perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por expulsar automáticamente de la cinta transportadora aquellos filetes de pescado cuyos defectos determinados rebasan un valor umbral de defectos predeterminado  $t_{fs}$ . Así se expulsan ventajosamente de manera completamente automática aquellos filetes de pescado que presentan tantos defectos que no son aptos para su posterior procesamiento o, alternativamente, se alimentan a un procesamiento posterior más exhaustivo.

15 Además, el objetivo se consigue mediante un dispositivo correspondiente con las características indicadas al principio por que el dispositivo comprende un equipo de transporte adaptado para el transporte de los artículos mediante una cinta transportadora en una dirección de transporte, una fuente de luz láser lineal adaptada para iluminar los artículos, que está dispuesta por encima de la cinta transportadora de tal manera que una línea láser generada mediante la  
 20 fuente de luz láser lineal está orientada transversalmente a la dirección de transporte, una cámara adaptada para registrar línea por línea luz retrodispersada o reflejada, que está dispuesta por encima de la cinta transportadora y que está configurada para registrar durante el transporte de los artículos perfiles de línea, un equipo de evaluación adaptado para determinar a partir del perfil de línea registrado datos de altura de línea brutos que representan las alturas de sección transversal, estando configurado el equipo de evaluación además para determinar datos de altura de línea brutos compilando los datos de altura de superficie brutos determinados en la dirección de transporte, los  
 25 datos de altura de superficie aplanados mediante filtrado de los datos de altura de línea brutos y/o de los datos de altura de superficie brutos aplicando al menos un criterio de filtrado, y determinar los datos de altura diferenciales de altura mediante sustracción de los datos de altura de superficie aplanados de los datos de altura de línea brutos.

30 Las ventajas asociadas al dispositivo de acuerdo con la invención corresponden esencialmente a las ya explicadas anteriormente en relación con el procedimiento de acuerdo con la invención. Dado que, en particular, el equipo de evaluación del dispositivo de acuerdo con la invención está adaptado y configurado para llevar a cabo los pasos del procedimiento de acuerdo con la invención, las ventajas conseguidas mediante el dispositivo de acuerdo con la invención corresponden de la misma manera a las del procedimiento de acuerdo con la invención, al que se hace referencia aquí en relación con el dispositivo de acuerdo con la invención para evitar repeticiones.  
 35

Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que el equipo de evaluación está configurado además para comparar los datos de altura diferenciales con al menos un valor umbral predeterminado  $t_1$  para detectar los defectos en la superficie de los artículos y determinar datos de defectos, representando los datos de defectos al menos las posiciones de los defectos. Preferentemente, las posiciones se indican en relación con un punto de  
 40 referencia elegido de cada artículo. Alternativamente, las posiciones pueden indicarse en relación con un sistema de coordenadas estacionario.

45 Un perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por que el equipo de evaluación está configurado además para buscar clústeres predeterminados en los datos de altura diferenciales y clasificarlos como defectos.

Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que la fuente de luz láser s está dispuesta de forma inclinada con respecto al vector normal de la cinta transportadora en un ángulo de iluminación comprendido en el intervalo entre  $10^\circ$  y  $80^\circ$ .

50 Según otra forma de realización preferida, la cámara está dispuesta de tal manera que el registro del perfil de línea se realiza en un ángulo de registro entre  $15^\circ$  y  $90^\circ$  con respecto al vector normal de la cinta transportadora.

Otro perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por que la fuente de luz láser, así como la cámara están dispuestas de tal manera que el valor del ángulo de registro es inferior al valor del ángulo de iluminación.  
 55

Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que el equipo de evaluación está configurado además para comparar los datos de altura de superficie brutos con un valor umbral inferior predeterminado  $t_u$  y, si estos son inferiores al valor umbral inferior  $t_u$ , identificarlos como fondo.

60 Un perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por que el equipo de evaluación está configurado además para comparar los datos de altura de superficie brutos con un valor umbral superior predeterminado  $t_o$  y, si estos son superiores al valor umbral superior  $t_o$ , identificarlos como errores de medición.

65 Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que el equipo de evaluación comprende al menos un filtro de interpolación que está adaptado para determinar los datos de altura de superficie aplanados mediante filtrado por interpolación.

Otro perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por que el filtro de interpolación está adaptado para filtrar por interpolación lineal a trozos.

5 Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que el equipo de evaluación comprende un filtro configurado para la supresión de ruidos/perturbaciones.

Un perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por que el filtro adicional está configurado como filtro morfológico.

10 Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que el equipo de evaluación comprende un equipo de detección de bordes que está configurado para realizar una detección de bordes de los datos de altura de línea brutos y/o de los datos de altura de superficie aplanados para determinar el borde de los artículos, y el equipo de evaluación comprende una unidad de enmascaramiento que está configurada para enmascarar aquellos datos de altura de línea brutos y/o aquellos datos de altura de superficie aplanados que están localizados en una zona de borde, extendiéndose la zona de borde desde el borde de los artículos hasta un límite de zona de borde distanciado de este borde lo que corresponde a una anchura de borde predeterminada, y por que el equipo de evaluación está adaptado para suprimir los datos de altura de línea brutos enmascarados y/o los datos de altura de superficie aplanados al determinar los datos de altura diferenciales.

20 Un perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por que el equipo de evaluación comprende una unidad de detección de clústeres de defectos que está configurada para buscar clústeres de defectos en los datos de defectos y para identificar aquellos clústeres de defectos como defectos cuya medida de superficie rebasa un valor umbral de superficie inferior predeterminado  $t_{fs}$ .

25 Otro perfeccionamiento preferido de la invención está caracterizado por que los artículos son filetes de pescado y los defectos son posibles intersticios presentes en los filetes de pescado.

30 Otra configuración conveniente de la invención está caracterizada por que la fuente de luz láser proporciona luz láser roja.

Según otra configuración preferida, la invención comprende además un equipo de expulsión que está adaptado para expulsar de la cinta transportadora aquellos filetes de pescado en los que se han detectado defectos que rebasan un valor umbral de defectos predeterminado  $t_{fs}$ .

35 Los efectos ventajosos de los ejemplos de configuración anteriormente descritos del dispositivo de acuerdo con la invención también se han explicado ya en detalle en relación con el procedimiento de acuerdo con la invención. Estas también se aplican de forma análoga.

40 Otras características y configuraciones preferidas y/o convenientes de la invención se desprenden de las reivindicaciones dependientes y de la descripción. Formas de realización especialmente preferidas se explicarán con más detalle con la ayuda del dibujo adjunto. En el dibujo muestran:

45 la figura 1 una vista en perspectiva del dispositivo de acuerdo con la invención

la figura 2 una vista lateral del dispositivo mostrado en la figura 1,

la figura 3 una representación esquemática de un diagrama de flujo para visualizar los datos determinados

50 la figura 4 una representación a modo de ejemplo de datos de altura de línea brutos y datos de superficie aplanados y

la figura 5 una representación a modo de ejemplo de datos de altura de superficie aplanados.

55 El procedimiento de acuerdo con la invención, así como el dispositivo de acuerdo con la invención se describen más detalladamente a continuación con ayuda de las figuras.

60 El procedimiento y el dispositivo permiten detectar automáticamente defectos en la superficie de artículos convexos de la industria alimentaria. Los artículos son preferentemente de los que tienen una superficie no plana, es decir, artículos cuya superficie es, por ejemplo, predominantemente convexa o cóncava. El procedimiento de acuerdo con la invención, así como el dispositivo también son adecuados para detectar defectos en la superficie de artículos cuya superficie comprende tanto zonas como también zonas cóncavas. En particular, los artículos son filetes de pescado en los que deben detectarse intersticios indeseables en la superficie (llamados "gaps"). La presente invención no se limita a la detección de tales "gaps" como defectos, pudiendo detectarse, por el contrario, también otros tipos de defectos en la superficie de artículos convexos.

65

La figura 1 muestra una vista en perspectiva de algunos componentes del dispositivo de acuerdo con la invención.

Los artículos -no representados en la figura 1- se transportan en una dirección de transporte 12 mediante un equipo de transporte 10 adaptado para transportar los artículos. El equipo de transporte 10 comprende para ello una cinta transportadora 11, preferentemente una cinta transportadora sin fin accionada de forma giratoria. Por encima de la cinta transportadora 11 está dispuesta una fuente de luz láser lineal 13. La fuente de luz láser lineal 13 está adaptada para iluminar los artículos y está dispuesta de tal manera que la línea láser generada mediante la fuente de luz láser lineal 13 está orientada transversalmente a la dirección de transporte. La orientación de la fuente de luz láser lineal 13 se elige preferentemente de tal modo que el ángulo entre la línea láser y la dirección de transporte 12 mide 90°. Opcionalmente, puede ajustarse un ángulo diferente, por ejemplo, un ángulo superior o igual a 45°.

Por encima de la cinta transportadora 11 está dispuesta una cámara 14. La cámara 14 está configurada y adaptada para registrar perfiles de línea 16 durante el transporte de los artículos. En otras palabras, la cámara 14 está configurada para escanear los artículos ópticamente, línea por línea. Por lo tanto, cada uno de los perfiles de línea 16 comprende valores de luminosidad que representan la cantidad de luz retrodispersada a lo largo de la coordenada y.

La figura 4 muestra un curso a modo de ejemplo de los datos de altura de línea brutos 17, que en la figura se muestra como línea continua y se designa con "Datos" en la leyenda. La abscisa indica la posición y transversal a la cinta transportadora 11, mientras que la ordenada indica el respectivo valor de altura.

El registro de los perfiles de línea 16, así como su procesamiento posterior se explican en lo sucesivo con más detalle con ayuda del diagrama de flujo representado en la figura 3.

Mediante un equipo de evaluación 15 se determinan los datos de altura de línea brutos 17 a partir del perfil de línea 16 registrado. Los datos de altura de línea brutos 17 representan las alturas de sección transversal del perfil de línea 16 respectivamente registrado en la dirección y. Por lo tanto, el equipo de evaluación 15 está adaptado para determinar un perfil de altura a partir del perfil de línea 16. Los datos de altura de línea brutos 17 representan por lo tanto la respectiva altura del artículo por encima de su sección transversal con respecto a la dirección y. De este modo se obtienen los datos de altura de línea brutos 17, es decir, valores de altura discretos  $H_{RZ}(y)$  para cada coordenada y, o sea  $y = n * dy$ , yendo n desde 0 hasta el número de píxeles de la cámara 14 y designando  $dy$  la capacidad de resolución espacial o el tamaño de píxeles de la cámara 14 en la dirección y.

El equipo de evaluación 15 está adaptado, además, para determinar los datos de altura de superficie brutos 18 compilando los datos de altura de línea brutos 17 determinados. Los datos de altura de superficie brutos 18 designan valores de altura discretos  $H_{RO}(y,x)$  en toda la superficie escaneada de los artículos.

La figura 4 muestra datos de altura de línea brutos 17 a modo de ejemplo. Como se ha descrito anteriormente, el equipo de evaluación 15 está configurado para generar datos de altura de superficie brutos 18 a partir de estos datos de altura de línea brutos 17. Los datos de altura de superficie brutos 18 obtenidos de este modo están representado a modo de ejemplo en la figura 4, aunque solo para una línea (véase la línea continua negra "Datos").

El equipo de evaluación 15 está configurado además para determinar datos de altura de superficie aplanados 19 mediante filtrado de los datos de altura de línea brutos 17 aplicando al menos un criterio de filtrado. Los datos de altura de superficie aplanados 19 obtenidos de este modo están representado a modo de ejemplo en la figura 4 como línea de puntos y se designan en la leyenda con "Interpolación", mostrándose en la figura 4 a su vez solo una línea. Puede verse claramente que el defecto que se encuentra en la posición y "600", que se manifiesta como bajada localmente limitada en los datos de altura de línea brutos 17, se ha filtrado en los datos de altura de superficie aplanados 19.

Por lo tanto, el criterio de filtrado debe elegirse de tal forma que se filtran los cambios localmente limitados de los datos de altura de línea brutos 17 con gradientes comparativamente grandes. Por lo tanto, se usan preferentemente filtros de interpolación o aplanado, que presentan en particular una característica de paso bajo.

Los datos de altura de superficie aplanados 19 también pueden generarse mediante filtrado de los datos de altura de superficie brutos 18 mediante la unidad de evaluación 15. También puede utilizarse una combinación de ambas formas de filtrado, por ejemplo un filtrado de los datos de altura de línea brutos 17, teniendo en cuenta los datos de altura de línea brutos 17 adyacentes con respecto a la dirección x.

Por último, el equipo de evaluación 15 está configurado para determinar datos de altura diferenciales 20 mediante sustracción de los datos de altura de superficie aplanados 19 de los datos de altura de superficie brutos 18. Los datos de altura de superficie aplanados 19 representan un perfil de altura de superficie idealizado del respectivo artículo, como si estuviera libre de defectos.

Mediante la formación de la diferencia entre los datos de altura de superficie brutos 18, que representan el perfil de altura de superficie realmente determinado del respectivo artículo, y los datos de altura de superficie aplanados 19, se indican posibles defectos localmente limitados en los datos de altura diferenciales 20 como valores que no son iguales a cero. Por lo tanto, con ayuda de los datos de altura diferenciales 20, es posible localizar estos defectos de forma

unívoca y precisa.

5 Preferentemente, el equipo de evaluación 15 está configurado además para comparar los datos de altura diferenciales 20 con al menos un valor umbral predeterminado  $t_1$  para detectar los defectos en la superficie de los artículos para determinar los datos de defectos 21. Los datos de defectos 21 representan, por ejemplo, un conjunto de datos con el que están identificadas todas las posiciones en las que los datos de altura diferenciales 20 rebasan el valor umbral predeterminado  $t_1$ . Los datos de defectos 21 representan, por lo tanto, al menos las posiciones de los defectos.

10 Alternativamente, el equipo de evaluación está configurado además para buscar clústeres en los datos de altura diferenciales 20 y clasificarlos como defectos. Por lo tanto, el equipo de evaluación está adaptado para buscar en los datos de altura diferenciales zonas contiguas, localmente limitadas, de una extensión espacial mínima o máxima predeterminada y clasificar dichas zonas como clústeres. De este modo, se reconocen los puntos de acumulación y se clasifican como defectos.

15 También es preferente, como puede verse bien en la vista lateral según la figura 2, disponer la fuente de luz láser lineal 13 de forma inclinada con respecto al vector normal de la cinta transportadora 11 en un ángulo de iluminación 23 comprendido en el intervalo entre  $10^\circ$  y  $80^\circ$ . Preferentemente, la fuente de luz láser lineal 13 está orientada de forma que irradia en la dirección opuesta a la dirección de transporte 12.

20 Contrariamente a la representación en las figuras 1 y 2, la cámara 14 está dispuesta además ventajosamente de tal manera que el perfil de línea se registra en un ángulo de registro entre  $15^\circ$  y  $90^\circ$  con respecto al vector normal 22 de la cinta transportadora 11. Además, también cámara 14 está dispuesta preferentemente de forma inclinada en la dirección opuesta a la dirección de transporte 12. Ventajosamente, la fuente de luz láser 13, así como la cámara 14 están dispuestas de tal manera que el valor del ángulo de registro es superior al valor del ángulo de iluminación 23.

25 Según un perfeccionamiento ventajoso de la invención, el equipo de evaluación 15 está configurado además para comparar los datos de altura de superficie brutos 18 con un valor umbral inferior predeterminado  $t_u$ , y si estos son inferiores al valor umbral inferior  $t_u$ , identificarlos como fondo. En otras palabras, el equipo de evaluación 15 está configurado para enmascarar los datos de altura de superficie brutos 18 que están por debajo de dicho valor umbral. De este modo, puede distinguirse claramente entre el fondo formado por la cinta transportadora 11 y las zonas en las que se han registrado datos de altura de superficie brutos 18 del respectivo artículo.

30 También es preferente que el equipo de evaluación esté configurado para comparar los datos de altura de superficie brutos 18 con un valor umbral superior predeterminado  $t_o$  y, si estos son superiores al valor umbral superior  $t_o$ , identificarlos como errores de medición. El valor umbral superior puede elegirse, por ejemplo, de tal modo que corresponde a un valor de altura tan grande que queda fuera de la altura máxima que puede esperarse realmente de los artículos. De esta manera pueden eliminarse fácilmente posibles perturbaciones durante el registro de las alturas de superficie brutos 18. Por lo tanto, la detección de defectos es, en general, numéricamente más robusta.

40 Como ya se ha descrito anteriormente, el equipo de evaluación 15 comprende al menos un filtro de interpolación, que está adaptado para determinar los datos de altura de superficie aplanados 19 mediante filtrado por interpolación. Preferentemente, el filtro de interpolación está adaptado para filtrar por interpolación lineal a trozos, de modo que la interpolación lineal se realiza respectivamente a trozos entre dos datos de altura de línea brutos 17 adyacentes.

45 También es preferente que el equipo de evaluación 15 comprenda un filtro configurado para la supresión de ruidos y/o perturbaciones. Dicho filtro adicional puede utilizarse en diferentes puntos del procesamiento de señales o datos, aunque en particular para filtrar los datos de altura de línea brutos 17 y los datos de altura de superficie aplanados 18. También es posible un filtrado adicional de los datos de altura de superficie aplanados 19, así como de los datos de altura diferenciales. En particular, el filtro adicional está configurado opcionalmente como filtro morfológico.

50 De manera especialmente preferente, el equipo de evaluación 15 comprende un equipo de detección de bordes. La detección de bordes está adaptada para determinar el borde de los artículos basándose en los datos de altura de línea brutos 17 y/o los datos de altura de superficie aplanados 19. La zona de borde de los artículos designa una zona que se extiende desde el borde exterior de los artículos hasta un límite de la zona de borde distanciado de este borde lo que corresponde a una anchura de borde predeterminada. En otras palabras, la zona de borde se refiere a una orilla que se extiende desde el borde exterior del artículo hacia el centro del mismo y rodea el artículo, es decir, forma una franja de borde.

60 El equipo de evaluación comprende además una unidad de enmascaramiento que está configurada para enmascarar aquellos datos de altura de superficie brutos 18 y/o aquellos datos de altura de superficie aplanados 19 que están localizados en la zona de borde. Los datos de altura de superficie brutos 18 y/o los datos de altura de superficie aplanados 19 enmascarados de este modo se suprimen así al determinar los datos de altura diferenciales 20.

65 Preferentemente, el equipo de evaluación 15 comprende una unidad de detección de clústeres de defectos que está configurada para buscar clústeres de defectos en los datos de defectos 21. Para ello, el equipo de evaluación 15 evalúa los datos de defectos 21 de tal manera que se identifican como defectos aquellos clústeres de defectos cuya

medida de superficie rebasa un valor umbral de superficie inferior predeterminado  $t_{fu}$ .

5 Mediante la especificación del valor umbral de superficie  $t_{fu}$  puede especificarse qué clústeres de defectos son insignificamente pequeños en su extensión espacial (bidimensional) y cuáles tienen ya un tamaño tal que deben ser clasificados y detectados como un defecto.

10 El dispositivo de acuerdo con la invención y el procedimiento de acuerdo con la invención se utilizan en particular en el procesamiento automático de pescado, en particular cuando los artículos son filetes de pescado. El dispositivo y el procedimiento de acuerdo con la invención son adecuados, en particular, para detectar defectos debidos a posibles intersticios presentes en los filetes de pescado.

También es preferente que la fuente de luz láser lineal 13 esté adaptada de tal manera que proporciona luz láser roja.

15 Este está adaptado para expulsar de la cinta transportadora 11 aquellos filetes de pescado en los que se han determinado defectos que rebasan un valor umbral de defectos predeterminado  $t_{fs}$ . En otras palabras, el dispositivo está configurado para expulsar del proceso de producción y procesamiento los filetes de pescado que rebasen un número mínimo predeterminado de defectos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar automáticamente defectos en la superficie de artículos convexos de la industria alimentaria, que comprende los siguientes pasos
- 5
- el transporte de los artículos mediante una cinta transportadora (11) en una dirección de transporte (12),
  - la iluminación de los artículos mediante una fuente de luz láser lineal (13) dispuesta por encima de la cinta transportadora (11), de modo que una línea láser generada mediante la fuente de luz láser lineal (13) está orientada transversalmente a la dirección de transporte (12),
- 10
- la detección línea por línea de la luz retrodispersada mediante una cámara (14) dispuesta por encima de la cinta transportadora (11) durante el transporte de los artículos, respectivamente mediante el registro de un perfil de línea (16),
  - la determinación de datos de altura de línea brutos (17) que representan las alturas de la sección transversal a partir de los perfiles de línea (16) registrados,
- 15
- la determinación de datos de altura de superficie brutos (18) compilando los datos de altura de línea brutos (17) determinados en la dirección de transporte,
  - la determinación de datos de altura de superficie aplanados (19) mediante filtrado de los datos de altura de línea brutos (17) y/o de los datos de altura de superficie brutos (18) utilizando al menos un criterio de filtrado,
  - la determinación de datos de altura diferenciales (20) mediante sustracción de los datos de altura de superficie aplanados (19) de los datos de altura de línea brutos (18).
- 20
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por** comparar los datos de altura diferenciales (20) con al menos un valor umbral predeterminado  $t_1$  para detectar los defectos en la superficie de los artículos y determinar los datos de defectos (21) que representan al menos las posiciones de los defectos.
- 25
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por** buscar clústeres en los datos de altura diferenciales (20) y clasificarlos como defectos.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la iluminación mediante la fuente de luz láser (13) se realiza oblicuamente al estar dispuesta la fuente de luz láser de forma inclinada con respecto al vector normal (22) de la cinta transportadora (11) en un ángulo de iluminación comprendido en el intervalo entre  $10^\circ$  y  $80^\circ$ .
- 30
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el registro del perfil de línea (16) se realiza con un ángulo de registro entre  $15^\circ$  y  $90^\circ$  con respecto al vector normal (22) de la cinta transportadora (11).
- 35
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el valor del ángulo de registro es inferior al valor del ángulo de iluminación.
- 40
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** los datos de altura de superficie brutos (18) se comparan con un valor umbral inferior predeterminado  $t_u$ , y si estos son inferiores al valor umbral inferior  $t_u$ , son identificados como fondo.
- 45
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** los datos de altura de superficie brutos (18) se comparan con un valor umbral superior predeterminado  $t_o$ , y si estos son superiores al valor umbral superior  $t_o$ , son identificados como errores de medición.
- 50
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** la determinación de los datos de altura de superficie aplanados (19) y/o de los datos de altura de línea brutos (17) se realiza al menos mediante filtrado por interpolación.
- 55
10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** el filtrado se realiza por interpolación lineal a trozos.
- 60
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 10, **caracterizado por que** el filtrado comprende una supresión de ruidos/perturbaciones.
- 65
12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado por que** la supresión de ruidos/perturbaciones se realiza mediante filtrado morfológico.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por** la realización de una detección de bordes de los datos de altura de línea brutos (17) y/o de los datos de altura de superficie aplanados (19) para determinar el borde de los artículos y enmascarar los datos de altura de línea brutos (18) y/o los datos de altura de superficie aplanados (19) localizados en una zona de borde, extendiéndose la zona de borde desde el borde de los artículos hasta un límite de zona de borde distanciado de este borde lo que corresponde a una anchura de borde predeterminada, así como la supresión de los datos de altura de línea brutos enmascarados (18) y/o de los datos de

altura de superficie aplanados (19) en la determinación de los datos de altura diferenciales (20).

5 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 13, **caracterizado por** la búsqueda de clústeres de defectos en los datos de defectos (21) y la identificación de aquellos clústeres de defectos cuya medida de superficie rebasa un valor umbral de superficie inferior predeterminado  $t_{f_i}$  como defectos.

10 15. Procedimiento para detectar automáticamente intersticios en filetes de pescado mediante un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 14, siendo los artículos filetes de pescado y los intersticios posibles intersticios presentes en los filetes de pescado.

16. Procedimiento según la reivindicación 15, **caracterizado por que** la iluminación de los filetes de pescado se realiza con luz láser roja.

15 17. Procedimiento según las reivindicaciones 15 o 16, **caracterizado por** expulsar automáticamente de la cinta transportadora aquellos filetes de pescado cuyos defectos determinados rebasan un valor umbral de defectos predeterminado  $t_{fs}$ .

20 18. Dispositivo para la detección automática de defectos en la superficie de artículos convexos de la industria alimentaria, que comprende

- un equipo de transporte (10) adaptado para transportar los artículos mediante una cinta transportadora (11) en una dirección de transporte (12),
- una fuente de luz láser lineal (13) adaptada para iluminar los artículos, que está dispuesta por encima de la cinta transportadora (11) de tal manera que una línea láser generada mediante la fuente de luz láser lineal (13) está orientada transversalmente a la dirección de transporte (12),
- una cámara (14) adaptada para registrar línea por línea luz retrodispersada, que está dispuesta por encima de la cinta transportadora (11) y que está configurada para registrar perfiles de línea (16) durante el transporte de los artículos,
- un equipo de evaluación (15) adaptado para determinar a partir del perfil de línea (16) registrado datos de altura de línea brutos (17) que representan las alturas de sección transversal, estando configurado el equipo de evaluación (15) además para
  - determinar datos de altura de línea brutos (18) compilando los datos de altura de superficie brutos (17) determinados en la dirección de transporte (12),
  - determinar datos de altura de superficie aplanados (19) mediante filtrado de los datos de altura de línea brutos (17) y/o de los datos de altura de superficie brutos (18) aplicando al menos un criterio de filtrado,
  - determinar datos de altura diferenciales (20) mediante sustracción de los datos de altura de superficie aplanados (19) de los datos de altura de línea brutos (17).

40 19. Dispositivo según la reivindicación 18, **caracterizado por que** el equipo de evaluación (15) está configurado además para comparar los datos de altura diferenciales (20) con al menos un valor umbral predeterminado  $t_1$  para detectar los defectos en la superficie de los artículos y determinar datos de defectos (21), representando los datos de defectos (21) al menos las posiciones de los defectos.

45 20. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 o 19, **caracterizado por que** el equipo de evaluación (15) está configurado además para buscar clústeres en los datos de altura diferenciales (20) y clasificarlos como defectos.

50 21. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 20, **caracterizado por que** la fuente de luz láser lineal (13) está dispuesta de forma inclinada con respecto al vector normal (22) de la cinta transportadora (11) en un ángulo de iluminación comprendido en el intervalo entre  $10^\circ$  y  $80^\circ$ .

22. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 21, **caracterizado por que** la cámara (14) está dispuesta de tal manera que el registro del perfil de línea (16) se realiza con un ángulo de registro entre  $15^\circ$  y  $90^\circ$  con respecto al vector normal (22) de la cinta transportadora (11).

55 23. Dispositivo según la reivindicación 22, **caracterizado por que** la fuente de luz láser lineal (13), así como la cámara (14) están dispuestas de tal manera que el valor del ángulo de registro es inferior al valor del ángulo de iluminación.

60 24. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 23, **caracterizado por que** el equipo de evaluación (15) está configurado además para comparar los datos de altura de superficie brutos (18) con un valor umbral inferior predeterminado  $t_u$ , y si estos son inferiores al valor umbral inferior  $t_u$ , identificarlos como fondo.

65 25. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 24, **caracterizado por que** el equipo de evaluación (15) está configurado además para comparar datos de altura de superficie brutos (18) con un valor umbral superior predeterminado  $t_o$ , y si estos son superiores al valor umbral superior  $t_o$ , identificarlos como errores de medición.

26. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 25, **caracterizado por que** el equipo de evaluación (15)

comprende al menos un filtro de interpolación que está adaptado para determinar los datos de altura de superficie aplanados (19) mediante filtrado por interpolación.

5 27. Dispositivo según la reivindicación 26, **caracterizado por que** el filtro de interpolación está adaptado para un filtrado por interpolación lineal a trozos.

28. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 27, **caracterizado por que** el equipo de evaluación (15) comprende un filtro adicional configurado para la supresión de ruidos/perturbaciones.

10 29. Dispositivo según la reivindicación 28, **caracterizado por que** el filtro adicional está configurado como filtro morfológico.

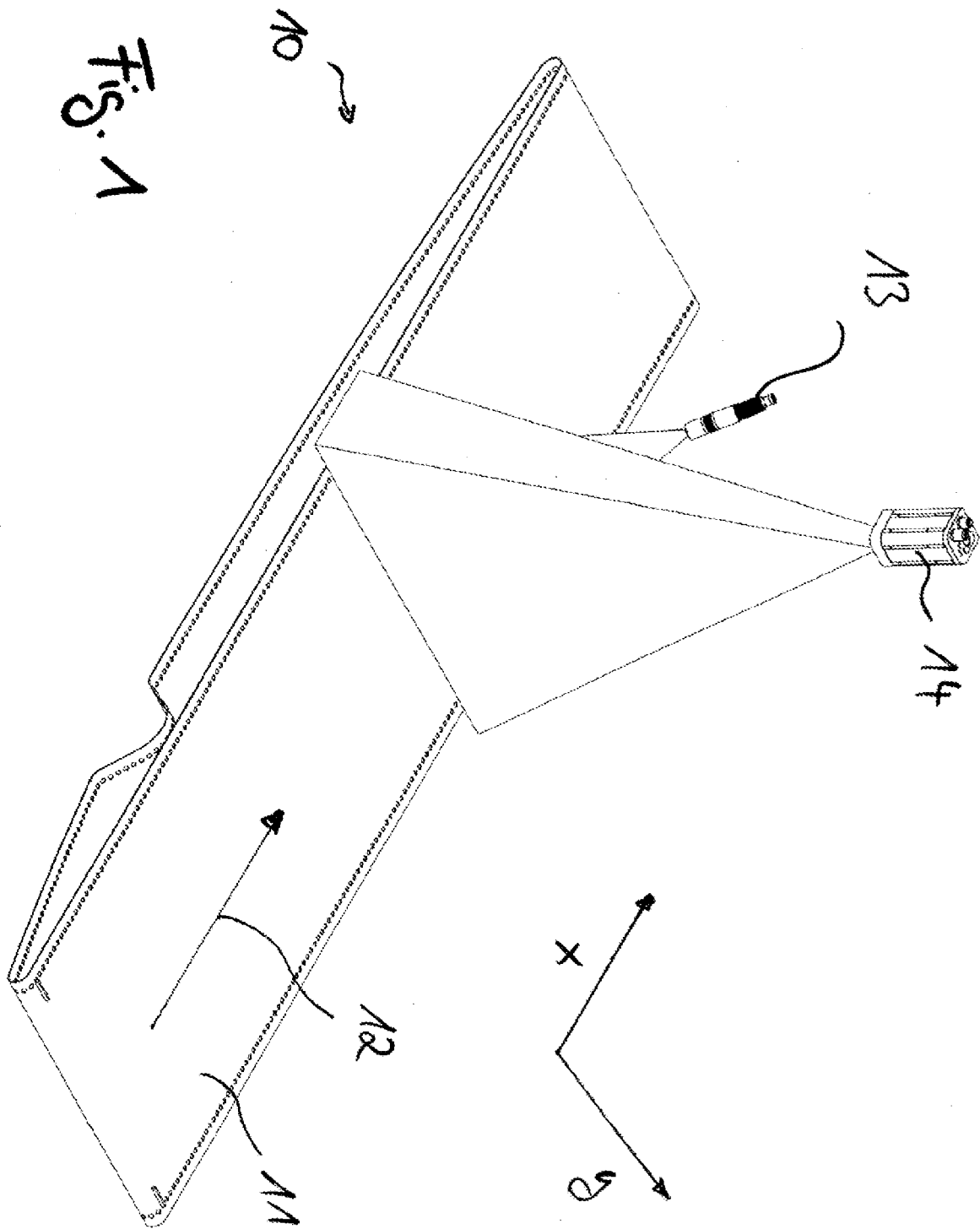
15 30. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 29, **caracterizado por que** el equipo de evaluación (15) comprende un equipo de detección de bordes que está configurado para realizar una detección de bordes de los datos de altura de línea brutos (17) y/o de los datos de altura de superficie aplanados (19) para determinar el borde de los artículos, y el equipo de evaluación (15) comprende una unidad de enmascaramiento que está configurada para enmascarar aquellos datos de altura de superficie brutos (18) y/o aquellos datos de altura de superficie aplanados (19) que están localizados en una zona de borde, extendiéndose la zona de borde desde el borde de los artículos hasta un límite de zona de borde distanciado de este borde lo que corresponde a una anchura de borde predeterminada, y estando adaptado el equipo de evaluación (15) para suprimir los datos de altura de línea brutos enmascarados (18) y/o los datos de altura de superficie aplanados (19) al determinar los datos de altura diferenciales (20).

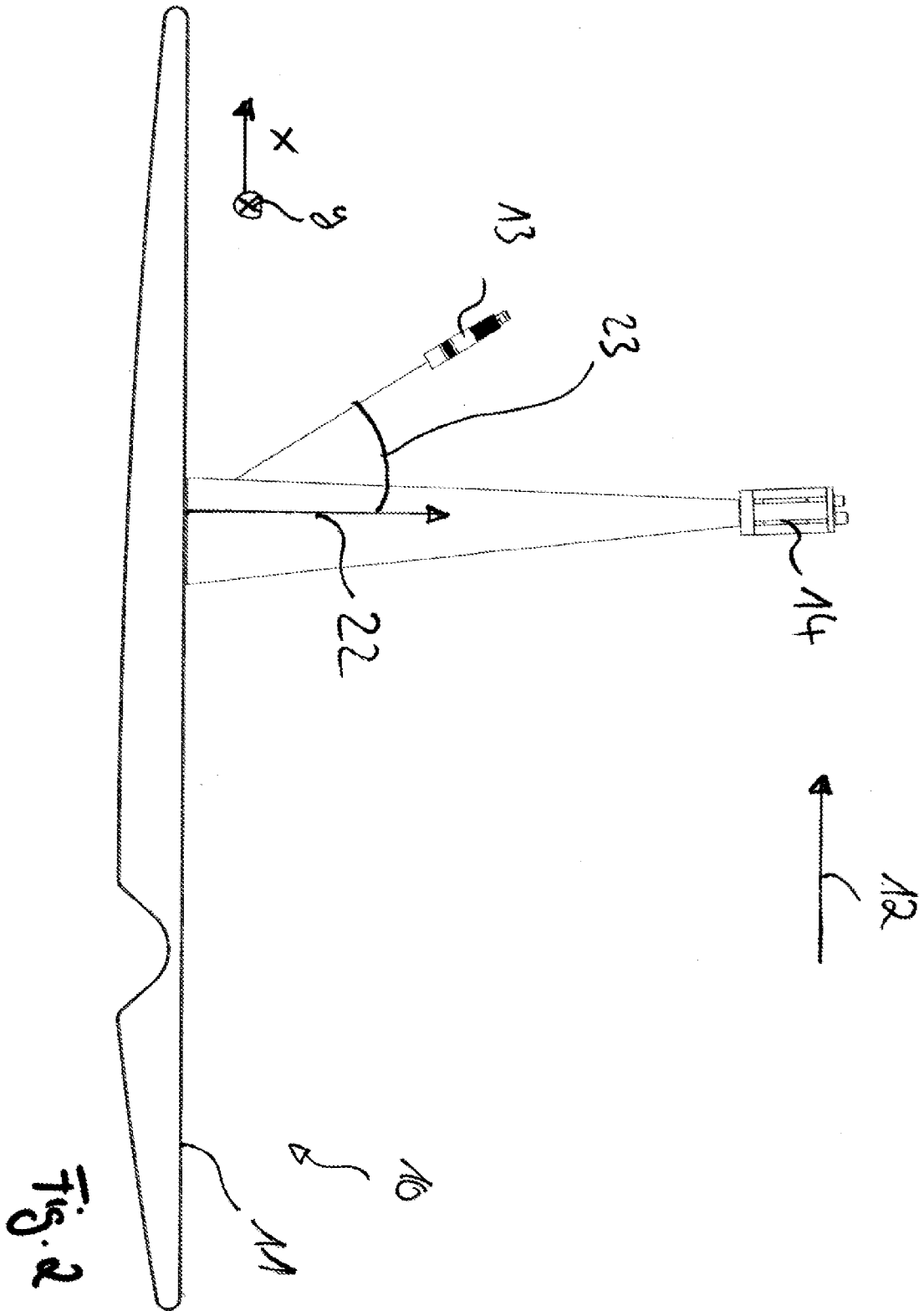
20 31. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 30, **caracterizado por que** el equipo de evaluación (15) comprende una unidad de detección de clústeres de defectos que está configurada para buscar clústeres de defectos en los datos de defectos (21) y para identificar aquellos clústeres de defectos como defectos cuya medida de superficie rebasa un valor umbral de superficie inferior predeterminado  $t_{f_u}$ .

25 32. Dispositivo para detectar automáticamente intersticios en filetes de pescado mediante un dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 31, siendo los artículos filetes de pescado y los defectos posibles intersticios presentes en los filetes de pescado.

30 33. Dispositivo según la reivindicación 32, **caracterizado por que** la fuente de luz láser lineal (13) proporciona luz láser roja.

35 34. Dispositivo según las reivindicaciones 32 o 33, que comprende además un equipo de expulsión que está adaptado para expulsar de la cinta transportadora (11) aquellos filetes de pescado en los que se han determinado defectos que rebasan un valor umbral de defectos predeterminado  $t_{fs}$ .





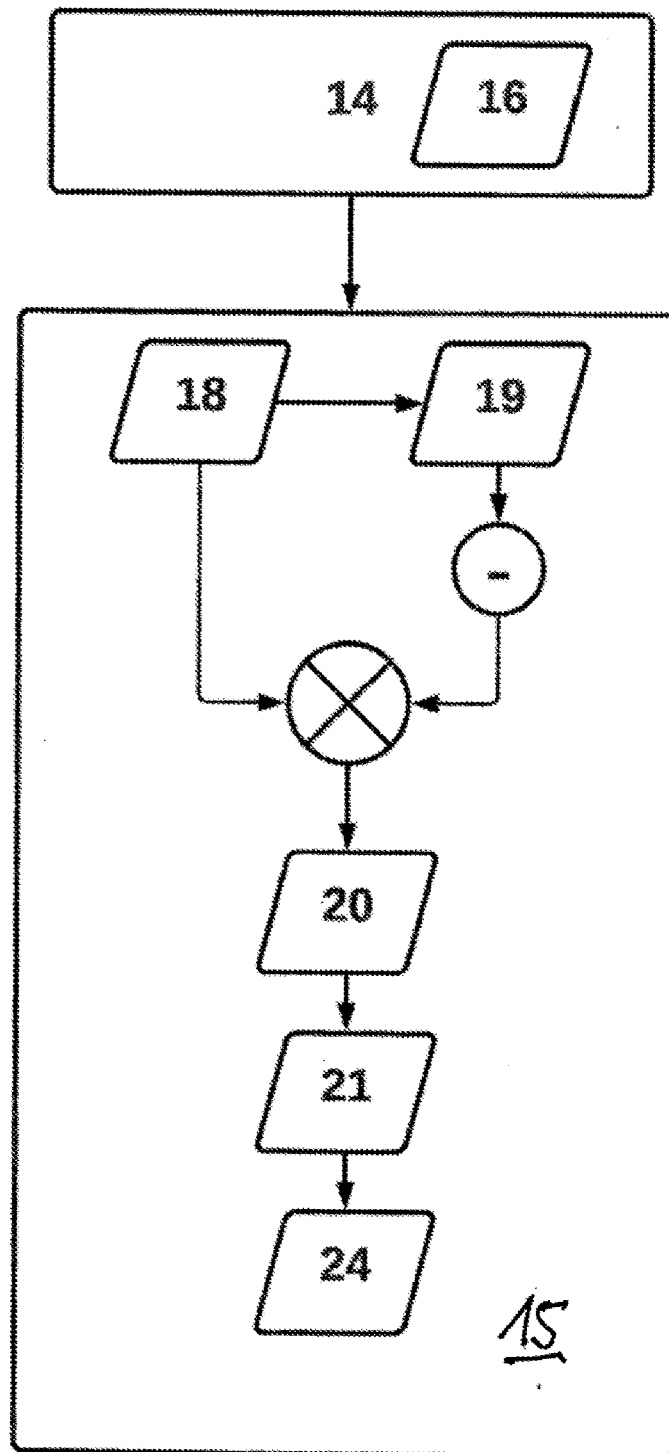


Fig. 3

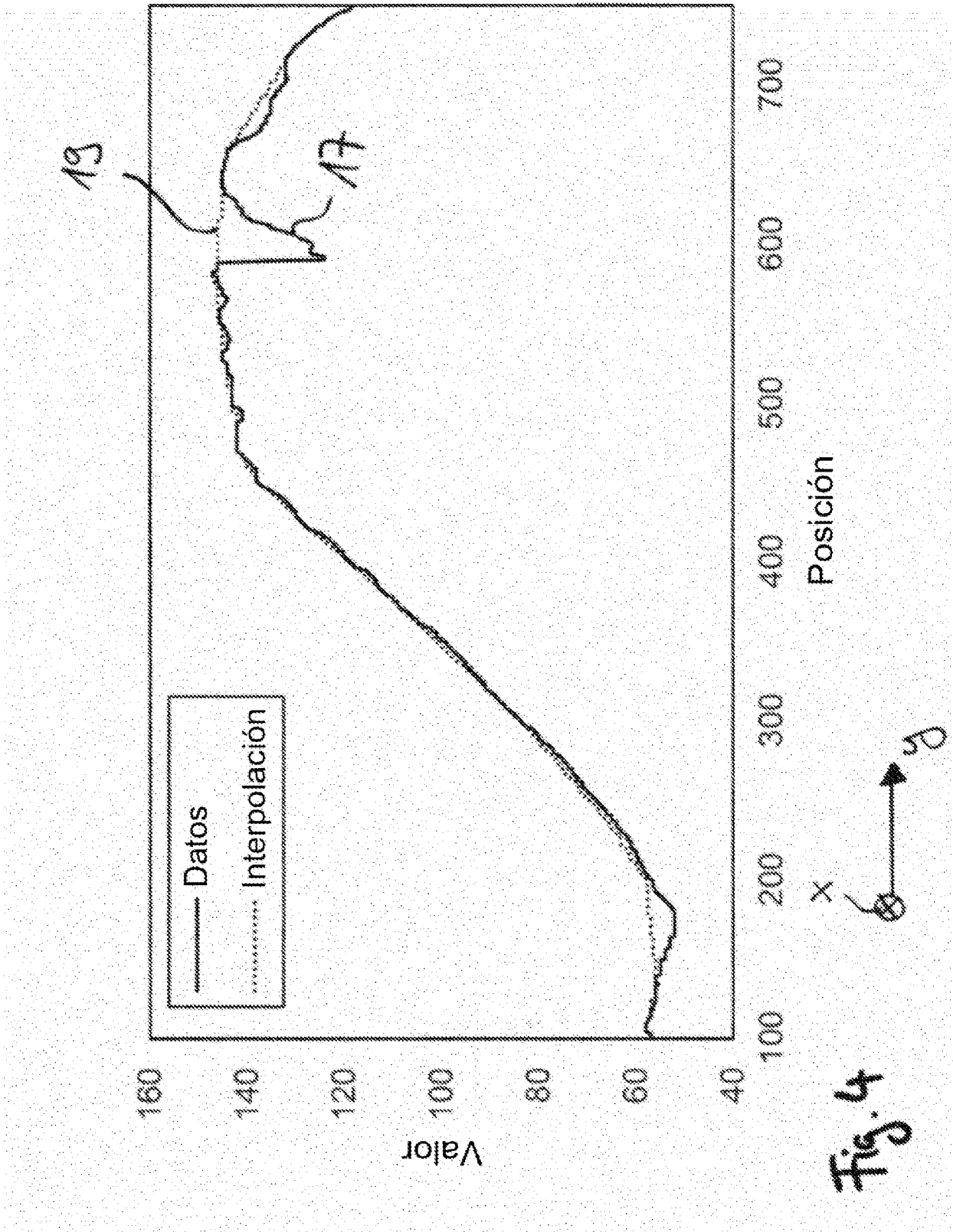


Fig. 4

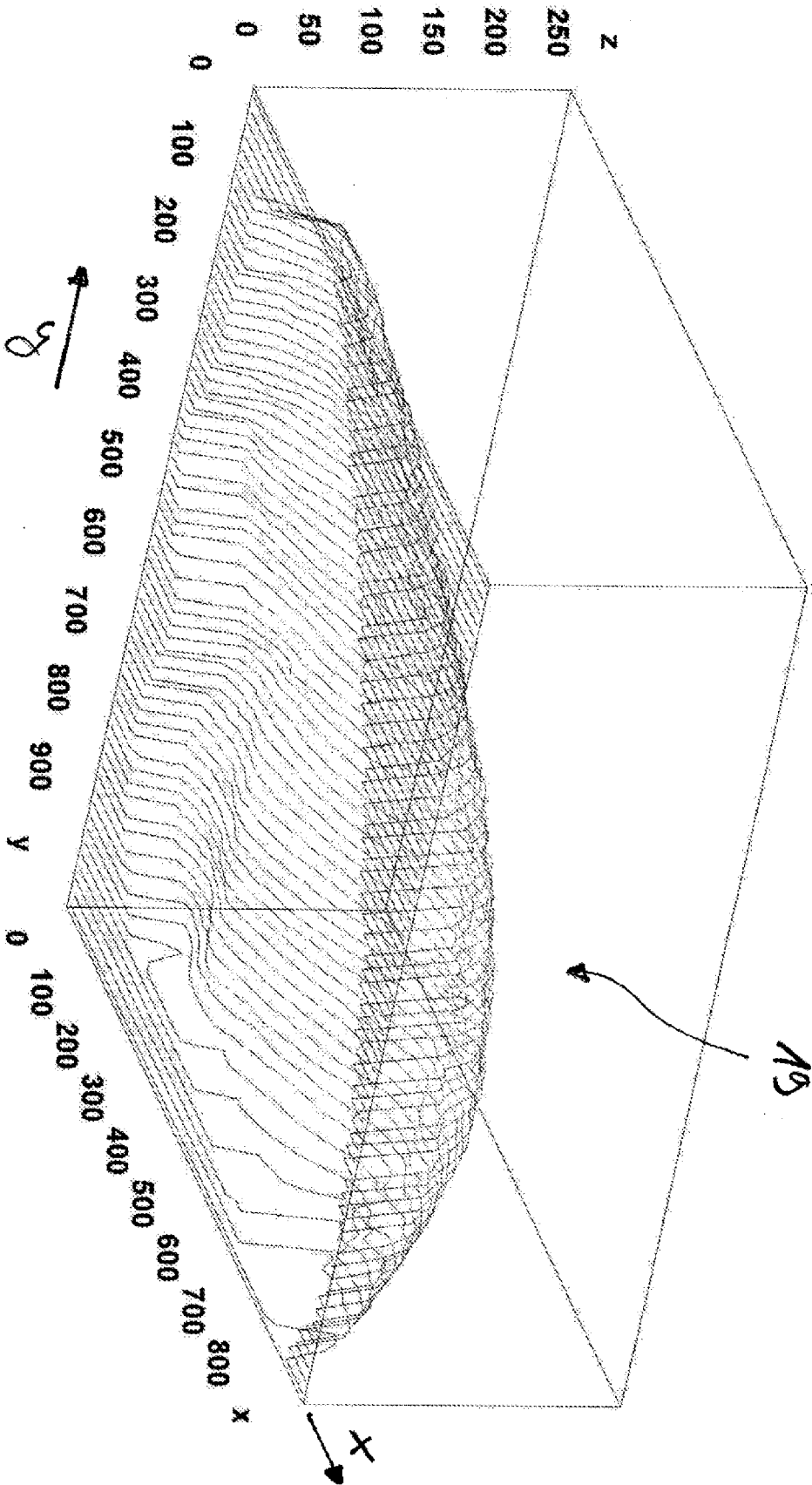


Fig. 5