

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 998 484**

51 Int. Cl.:

G01N 21/78 (2006.01)
G01N 21/27 (2006.01)
G01N 21/29 (2006.01)
G01N 21/84 (2006.01)
G01N 21/17 (2006.01)
G01N 21/77 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.06.2021 PCT/EP2021/065087**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **16.12.2021 WO21249895**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2021 E 21731124 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2024 EP 4162259**

54 Título: **Procedimiento para determinar la concentración de un analito en una muestra de un líquido corporal, dispositivo móvil, kit, programa informático y medio de almacenamiento legible por ordenador**

30 Prioridad:

09.06.2020 EP 20179002
30.07.2020 EP 20188732

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.02.2025

73 Titular/es:

F. HOFFMANN-LA ROCHE AG (100.00%)
Grenzacherstrasse 124
4070 Basel, CH

72 Inventor/es:

BERG, MAX;
HAILER, FREDRIK;
LIMBURG, BERND;
TUERCK, VOLKER y
WINKELNKEMPER, MOMME

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 998 484 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 determinar la concentración de un analito en una muestra de un líquido corporal, dispositivo móvil, kit, programa informático y medio de almacenamiento legible por ordenador

5

Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar la concentración de al menos un analito en una muestra de un líquido corporal. La invención se refiere además a un dispositivo móvil que tiene al menos una cámara, a un kit para determinar la concentración de analito en la muestra del líquido corporal y, además, a un programa informático y a un medio de almacenamiento legible por ordenador. El procedimiento, dispositivos, programa informático y medio de almacenamiento se pueden usar específicamente en diagnósticos médicos, por ejemplo, para detectar cualitativa y/o cuantitativamente uno o más analitos en uno o más líquidos corporales, tal como para detectar glucosa en sangre y/o líquido intersticial. Sin embargo, son factibles también otros campos de aplicación de la presente invención.

10

15

Técnica anterior

En el campo de los diagnósticos médicos, en muchos casos, se tienen que detectar uno o más analitos en muestras de un líquido corporal, tal como sangre, líquido intersticial, orina, saliva u otros tipos de líquidos corporales. Los ejemplos de analitos que se van a detectar son glucosa, triglicéridos, lactato, colesterol u otros tipos de analitos típicamente presentes en estos líquidos corporales. De acuerdo con la concentración y/o la presencia del analito, se puede elegir un tratamiento apropiado, si es necesario. Sin limitar el alcance, la invención se puede describir específicamente con respecto a mediciones de glucemia. Cabe señalar, sin embargo, que la presente invención también se puede usar para otros tipos de mediciones analíticas usando elementos de prueba.

20

25

En general, los dispositivos y procedimientos conocidos por el experto en la técnica hacen uso de elementos de prueba que comprenden uno o más productos químicos de prueba que, en presencia del analito que se va a detectar, pueden realizar una o más reacciones de detección detectables, tales como reacciones de detección ópticamente detectables. Con respecto a los productos químicos de prueba comprendidos en los elementos de prueba, se puede hacer referencia, por ejemplo, a J. Hoenes *et al.*: The Technology Behind Glucose Meters: Test Strips, Diabetes Technology & Therapeutics, volumen 10, suplemento 1, 2008, de S-10 a S-26. Son posibles otros tipos de productos químicos de prueba y se pueden usar para realizar la presente invención.

30

En mediciones analíticas, específicamente mediciones analíticas en base a reacciones de formación de color, una dificultad técnica reside en la evaluación del cambio de color que se debe a la reacción de detección. Además de usar dispositivos analíticos especializados, tales como medidores de glucemia de mano, el uso de dispositivos electrónicos, en general disponibles, tales como teléfonos inteligentes y ordenadores portátiles u otros dispositivos móviles, se ha vuelto cada vez más popular en los últimos años. Como ejemplo, el documento WO 2012/131386 A1 divulga un aparato para pruebas para realizar un ensayo, comprendiendo el aparato para pruebas: un receptáculo que contiene un reactivo, siendo el reactivo reactivo a una muestra de prueba aplicada desarrollando una variación de color o patrón; un dispositivo portátil, por ejemplo, un teléfono móvil o un ordenador portátil, que comprende un procesador y un dispositivo de captura de imágenes, en el que el procesador se configura para procesar datos capturados por el dispositivo de captura de imágenes y emitir un resultado de prueba para la muestra de prueba aplicada.

35

40

45

A diferencia de las mediciones de laboratorio y las mediciones realizadas usando dispositivos de medición analíticos especializados, al usar dispositivos informáticos móviles, tales como teléfonos inteligentes, se necesitan tener en cuenta diversas influencias. Como ejemplo, se deben considerar las condiciones de iluminación, posicionamiento, vibraciones u otras condiciones más o menos incontrolables.

50

El documento US 2018/0146175 A1 divulga un dispositivo y un procedimiento de medición del color para su uso con cámaras u otros dispositivos de formación de imágenes. El dispositivo de medición del color se puede configurar para determinar muchos colores diferentes por medio de un dispositivo de propiedad común. Los modos de realización utilizan anillos de escala de grises sinusoidales para determinar una coincidencia de color exacta de un color desconocido, incluso si hay una distorsión de la perspectiva de una imagen obtenida.

55

Los documentos EP 2 526 683 B1 y EP 2 526 684 B1 divulgan procedimientos y sistemas para determinar el color de una muestra de color a partir de una imagen de la muestra de color.

60

El documento WO 2015/038717 A1 describe un sistema y procedimiento para el análisis de un líquido que tiene: un recipiente opaco para recibir una muestra de líquido; un indicador de variación de color dispuesto sobre una superficie del frasco que, cuando el frasco contiene una muestra de líquido, la superficie se sumerge en la muestra de líquido; un estándar de color con el que se compara un color del indicador de variación de color, dispuesto sobre la superficie; una cámara, estando dispuesta la cámara próxima al recipiente de modo que la cámara tenga una vista de la superficie, estando acoplada la cámara a un procesador; una fuente de luz artificial, que ilumina la

65

superficie con una iluminación estándar; un difusor de luz dispuesto entre la fuente de luz artificial y la superficie; y en el que el procesador recibe imágenes capturadas por la cámara, extrae valores de color del indicador de variación de color, estandariza los valores de color con respecto al estándar de color y relaciona cuantitativamente los valores de color con valores de color conocidos del indicador de variación de color cuando se expone a una cantidad estandarizada de un reactivo conocido en prueba.

El documento US 2020/0126226 A1 divulga sistemas y procedimientos para analizar reacciones químicas visibles. En una implementación, el procedimiento puede incluir recibir, desde un sensor de imagen asociada con un dispositivo de comunicaciones móvil, una imagen de una almohadilla de reactivo en las proximidades de una superficie coloreada que tiene al menos un par de elementos de referencia coloreados. El procedimiento incluye identificar en la imagen la almohadilla de reactivo, un primer elemento de referencia coloreado y un segundo elemento de referencia coloreado. Después de esto, el procedimiento incluye usar el primer elemento de referencia coloreado y el segundo elemento de referencia coloreado para determinar un alcance de una reacción química en la almohadilla de reactivo independientemente de las condiciones de iluminación locales. A continuación, el procedimiento incluye hacer que el dispositivo de comunicaciones móvil proporcione datos basados en el alcance de la reacción química.

A pesar de las ventajas implicadas por los procedimientos y dispositivos conocidos, quedan varias dificultades técnicas. Específicamente, el uso de dispositivos móviles para determinar concentraciones de analitos usando tiras reactivas ópticas puede requerir una determinación exacta del cambio de color de la tira reactiva óptica y, por tanto, a menudo, sigue siendo difícil. En general, la luminosidad observada en las imágenes grabadas también puede depender de diversos factores que influyen, tales como la luminosidad de la fuente de iluminación, la velocidad de obturación, el tamaño de apertura, la sensibilidad de los sensores, la ganancia del sensor y, además, cualquier etapa posterior al procesamiento. Específicamente, el procesamiento posterior de imágenes capturadas por los dispositivos móviles a menudo es un procedimiento específico del dispositivo y, por tanto, puede ser desconocido para el fabricante de la aplicación de medición. Además, la corrección de luminosidad de la imagen capturada a menudo no se puede realizar para toda la imagen, sino que se debe realizar considerando efectos locales, por ejemplo, debido a condiciones de iluminación heterogéneas.

30 Problema que se va a resolver

Por lo tanto, es deseable proporcionar un procedimiento y dispositivos para determinar la concentración de un analito en una muestra de un líquido corporal, que aborden al menos parcialmente las dificultades técnicas mencionados anteriormente. Específicamente, es deseable proporcionar un procedimiento y dispositivos que permitan una determinación basada en móvil fácil de usar del analito en la muestra del líquido corporal, con alta exactitud y fiabilidad de la medición analítica y, por tanto, que puedan tener en cuenta las variaciones locales y los aspectos específicos del dispositivo.

40 Sumario

Este problema se aborda mediante un procedimiento para determinar la concentración de al menos un analito en una muestra de un líquido corporal como se define en la reivindicación independiente 1 adjunta. Además, mediante un dispositivo móvil que tiene al menos una cámara y al menos un procesador, según se define en la reivindicación independiente 12 adjunta, mediante un kit que comprende dicho dispositivo móvil, según se define en la reivindicación 13 adjunta, mediante un programa informático, según se define en la reivindicación 14 adjunta, y mediante un medio de almacenamiento legible por ordenador, según se define en la reivindicación 15 adjunta. Se enumeran modos de realización ventajosos que se podrían realizar en cualquier combinación arbitraria, dentro del alcance definido por las reivindicaciones adjuntas, en las reivindicaciones dependientes así como a lo largo de la memoria descriptiva.

Como se usa en lo que sigue, los términos "tener", "comprender" o "incluir" o cualquier variación gramatical arbitraria de los mismos se usan de forma no excluyente. Por tanto, estos términos se pueden referir tanto a una situación en la que, además del rasgo característico introducido por estos términos, no están presentes otros rasgos característicos en la entidad descrita en este contexto como a una situación en la que están presentes uno o más rasgos característicos adicionales. Como ejemplo, las expresiones "A tiene B", "A comprende B" y "A incluye B" se pueden referir tanto a una situación en la que, además de B, no está presente ningún otro elemento en A (es decir, una situación en la que A consiste única y exclusivamente en B) como a una situación en la que, además de B, uno o más de otros elementos están presentes en la entidad A, tales como un elemento C, elementos C y D o incluso otros elementos.

Además, cabe señalar que los términos "al menos uno/a", "uno/a o más" o expresiones similares que indican que un rasgo característico o elemento puede estar presente una vez o más de una vez, típicamente se usarán solo una vez cuando se introduce el rasgo característico o elemento respectivo. En lo que sigue, en la mayoría de los casos, cuando se hace referencia al rasgo característico o elemento respectivo, las expresiones "al menos uno/a" o "uno/a o más" no se repetirán, a pesar de que el rasgo característico o elemento respectivo pueda estar presente una vez o más de una vez.

Además, como se usa en lo que sigue, los términos "preferentemente", "más preferentemente", "en particular", "más en particular", "específicamente", "más específicamente" o términos similares se usan junto con rasgos característicos opcionales, sin restringir posibilidades alternativas. Por tanto, los rasgos característicos introducidos por estos términos son rasgos característicos opcionales y no pretenden restringir el alcance de las reivindicaciones de ninguna manera. La invención, como reconocerá el experto en la técnica, se puede realizar usando rasgos característicos alternativos, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. De forma similar, los rasgos característicos introducidos por "en un modo de realización de la invención" o expresiones similares pretenden ser rasgos característicos opcionales, sin ninguna restricción con respecto a modos de realización alternativos de la invención, sin ninguna restricción con respecto al alcance de la invención y sin ninguna restricción con respecto a la posibilidad de combinar los rasgos característicos introducidos de dicha forma con otros rasgos característicos opcionales o no opcionales de la invención.

En un primer aspecto de la invención, se divulga un procedimiento para determinar la concentración de al menos un analito en una muestra de un líquido corporal. El procedimiento comprende usar un dispositivo móvil que tiene al menos una cámara. El procedimiento comprende las siguientes etapas que, como ejemplo, se pueden realizar en el orden dado. Sin embargo, cabe señalar que también es posible un orden diferente. Además, también es posible realizar una o más de las etapas del procedimiento una vez o repetidamente. Además, es posible realizar dos o más de las etapas del procedimiento simultáneamente o de manera superpuesta en el tiempo. El procedimiento puede comprender otras etapas de procedimiento que no se enumeran.

El procedimiento comprende:

i) capturar, usando la cámara, al menos una imagen de al menos una parte de una tarjeta de referencia de color y de al menos una parte de al menos un campo de prueba de reactivo de al menos una tira reactiva óptica que tiene la muestra aplicada a la misma,

- en la que, en la imagen, el campo de prueba está en una posición definida con respecto a la tarjeta de referencia de color,

- en la que la tarjeta de referencia de color comprende una pluralidad de campos de referencia de gris diferentes asignados localmente al campo de prueba, y

- en la que la tarjeta de referencia de color comprende una pluralidad de campos de referencia de color diferentes que tienen valores de color de referencia conocidos y una pluralidad de campos de referencia de gris diferentes asignados localmente a los campos de referencia de color,

ii) aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada a la imagen obtenida en la etapa i), obteniendo de este modo al menos una primera imagen con corrección de intensidad;

iii) derivar, a partir de la primera imagen con corrección de intensidad, información de luminosidad local para al menos algunos de los campos de referencia de color y para el campo de prueba, usando los campos de referencia de gris asignados localmente a los campos de referencia de color y al campo de prueba, respectivamente;

iv) aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos local a la primera imagen con corrección de intensidad, teniendo en cuenta la corrección de mapeo de tonos local la información de luminosidad local, obteniendo de este modo al menos una segunda imagen con corrección de intensidad; y

v) determinar la concentración de analito en base a una reacción de formación de color del campo de prueba usando la segunda imagen con corrección de intensidad.

El término "determinación de la concentración de un analito en una muestra de un líquido corporal", también denominado "medición analítica", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una determinación cuantitativa y/o cualitativa de al menos un analito en una muestra o alícuota arbitraria de líquido corporal. Por ejemplo, el líquido corporal puede comprender uno o más de sangre, líquido intersticial, orina, saliva u otros tipos de líquidos corporales. El resultado de la determinación de la concentración, como ejemplo, puede ser una concentración del analito y/o la presencia o ausencia del analito que se va a determinar. Específicamente, como ejemplo, la medición analítica puede ser una medición de glucemia; por tanto, el resultado de la medición analítica puede ser, por ejemplo, una concentración de glucemia. En particular, un valor de resultado de medición analítica se puede determinar por la medición analítica.

En consecuencia, el término "valor de concentración de analito", a menudo también denominado "valor de resultado de medición analítica", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o

personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una indicación numérica de una concentración de analito en una muestra.

5 El al menos un analito, como ejemplo, puede ser o puede comprender uno o más compuestos químicos específicos y/u otros parámetros. Como ejemplo, se pueden determinar uno o más análisis que participan en el metabolismo, tales como la glucemia. Adicionalmente o de forma alternativa, se pueden determinar otros tipos de análisis o parámetros, por ejemplo un valor de pH.

10 El procedimiento, como se explica anteriormente, comprende usar un dispositivo móvil que tiene al menos una cámara. El término "dispositivo móvil", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un dispositivo electrónico móvil, más específicamente, a un dispositivo de comunicación móvil tal como un teléfono móvil o teléfono inteligente. Adicionalmente o de forma alternativa, como se explicará con más detalle a continuación, el dispositivo móvil también se puede referir a un ordenador de tipo tableta u otro tipo de ordenador portátil que tenga al menos una cámara.

20 El término "cámara", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un dispositivo que tiene al menos un elemento de formación de imágenes configurado para grabar o capturar información o datos ópticos unidimensionales, bidimensionales o incluso tridimensionales resueltos espacialmente. Como ejemplo, la cámara puede comprender al menos un chip de cámara, tal como al menos un chip CCD y/o al menos un chip CMOS configurado para grabar imágenes. Como se usa en el presente documento, sin limitación, el término "imagen" se puede referir específicamente a datos grabados usando una cámara, tal como una pluralidad de lecturas electrónicas del dispositivo de formación de imágenes, tal como los píxeles del chip de cámara.

30 La cámara, además del al menos un chip de cámara o chip de formación de imágenes, puede comprender otros elementos, tales como uno o más elementos ópticos, por ejemplo, una o más lentes. Como ejemplo, la cámara puede ser una cámara de enfoque fijo, que tiene al menos una lente que se ajusta de forma fija con respecto a la cámara. De forma alternativa, sin embargo, la cámara también puede comprender una o más lentes variables que se pueden ajustar automática o manualmente. La invención será específicamente aplicable a cámaras como se usan normalmente en aplicaciones móviles tales como ordenadores tipo *notebook*, tabletas o, específicamente, teléfonos móviles tales como teléfonos inteligentes. Por tanto, específicamente, la cámara puede formar parte de un dispositivo móvil que, además de la al menos una cámara, comprende uno o más dispositivos de procesamiento de datos, tales como uno o más procesadores de datos. Sin embargo, son factibles otras cámaras.

40 La cámara puede ser específicamente una cámara a color. Por tanto, tal como para cada píxel, se puede proporcionar o generar información de color, tal como valores de color para tres colores R, G, B. También es factible un mayor número de valores de color, tales como cuatro valores de color para cada píxel, por ejemplo, R, G, G, B. Las cámaras en color en general son conocidas por el experto en la técnica. Por tanto, como ejemplo, el chip de cámara puede consistir en una pluralidad de tres o más sensores de color diferentes cada uno, tales como píxeles de grabación de color como un píxel para rojo (R), un píxel para verde (G) y un píxel para azul (B). Para cada uno de los píxeles, tal como para R, G, B, los valores se pueden registrar por los píxeles, tales como valores digitales en el intervalo de 0 a 255, dependiendo de la intensidad del color respectivo. En lugar del uso de tripletes de color tales como R, G, B, como ejemplo, se pueden usar cuádruplos, tales como R, G, G, B. Las sensibilidades de color de los píxeles se pueden generar por filtros de color o por sensibilidades intrínsecas apropiadas de los elementos sensores usados en los píxeles de la cámara. Estas técnicas son conocidas, en general, por el experto en la técnica.

50 Como se explica en más detalle anteriormente, el procedimiento comprende capturar al menos una imagen de al menos una parte de una tarjeta de referencia de color y de al menos una parte de al menos un campo de prueba de reactivo de al menos una tira reactiva óptica que tiene la muestra aplicada a la misma. El término "capturar al menos una imagen", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a uno o más de formación de imágenes, grabación de imágenes, adquisición de imágenes, captura de imágenes. El término "capturar al menos una imagen" puede comprender capturar una única imagen y/o una pluralidad de imágenes, tal como una secuencia de imágenes. Por ejemplo, la captura de la imagen puede comprender grabar de forma continua una secuencia de imágenes, tal como un vídeo o una película. La captura de la al menos una imagen se puede iniciar por la acción del usuario o se puede iniciar automáticamente, por ejemplo una vez que la presencia del al menos un objeto dentro de un campo visual y/o dentro de un sector predeterminado del campo visual de la cámara se detecta automáticamente. Estas técnicas de adquisición automática de imágenes son conocidas, por ejemplo, en el campo de los lectores de códigos de barras automáticos, tales como en las aplicaciones de lectura automática de códigos de barras. La captura de las imágenes puede tener lugar, como ejemplo, adquiriendo una secuencia o "secuencia instantánea" de imágenes con la cámara, en la que una o más de las imágenes, automáticamente o por interacción del usuario,

tal como presionando un botón, se almacenan y usan como la al menos una primera imagen o la al menos una segunda imagen, respectivamente. La adquisición de imágenes se puede posibilitar por un procesador del dispositivo móvil, y el almacenamiento de las imágenes puede tener lugar en un dispositivo de almacenamiento de datos del dispositivo móvil.

5

El término "tira reactiva óptica", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado normal y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un elemento o dispositivo arbitrario configurado para realizar una reacción de detección de cambio de color. La tira reactiva óptica también se puede denominar tira reactiva o elemento de prueba, en la que los tres términos se pueden referir al mismo elemento. La tira reactiva óptica puede tener, en particular, un campo de prueba de reactivo que contenga al menos un producto químico de prueba para detectar al menos un analito. La tira reactiva óptica, como ejemplo, puede comprender al menos un sustrato, tal como al menos un soporte, con el al menos un campo de prueba de reactivo aplicado en el mismo o integrado en el mismo. En particular, la tira reactiva óptica puede comprender además al menos un área blanca, tal como un campo blanco, específicamente en las proximidades del campo de prueba, por ejemplo, encerrando o rodeando el campo de prueba. El área blanca puede ser un campo separado dispuesto independientemente sobre el sustrato o soporte. Sin embargo, adicionalmente o de forma alternativa, el propio sustrato o soporte puede ser o puede comprender el área blanca. Como ejemplo, el al menos un soporte puede estar en conformación de tira, convirtiendo, de este modo, el elemento de prueba en una tira reactiva. En general, estas tiras reactivas se usan y están disponibles ampliamente. Una tira reactiva puede llevar un único campo de prueba de reactivo o una pluralidad de campos de prueba de reactivo que tengan productos químicos de prueba idénticos o diferentes comprendidos en la misma.

10

15

20

25

30

El término "campo de prueba de reactivo", también denominado simplemente "campo de prueba", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una cantidad coherente del producto químico de prueba, tal como a un campo, por ejemplo, un campo de conformación redonda, poligonal o rectangular, que tiene una o más capas de material, teniendo al menos una capa del campo de prueba de reactivo el producto químico de prueba comprendido en la misma.

35

40

45

En general, como se usa en el presente documento, el término "campo" es un término amplio y se le debe dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se debe limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una cantidad coherente o continua de material, tal como un producto químico de prueba y/o un color o un material de coloración. La cantidad coherente o continua de material se puede disponer sobre una superficie de un sustrato y/o se puede disponer o integrar en el sustrato. El campo específicamente puede ser un campo bidimensional, por ejemplo, comprendiendo una o más capas del material dispuestas sobre el sustrato y/o integradas en el sustrato. El campo específicamente puede tener una conformación geométrica predeterminada, tal como una conformación rectangular, específicamente una conformación cuadrada, u otra conformación, tal como una conformación poligonal o una conformación redonda, tal como una conformación circular o una conformación elíptica. En lo siguiente, sin limitar otras posibilidades, se parte del supuesto de que los campos tienen una conformación rectangular. Específicamente, en el contexto de la tarjeta de referencia de color, los campos dispuestos sobre la misma pueden ser campos vecinos que forman una matriz de campos, tal como una matriz rectangular. En la misma, todos los campos pueden tener la misma conformación y tamaño. De forma alternativa, algunos de los campos pueden tener una conformación diferente, en los que, en una perspectiva macroscópica, la disposición de matriz de la totalidad de los campos todavía se puede mantener, aunque algunos de los campos puedan tener un tamaño mayor.

50

55

60

65

El término "tarjeta de referencia de color", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un elemento arbitrario que tiene, dispuesto en el mismo o dispuesto sobre el mismo, tal como sobre al menos una superficie, al menos un campo de referencia de color que tiene propiedades de color o propiedades ópticas conocidas, tales como tener uno o más campos coloreados que tienen valores de color de referencia conocidos y, además, al menos un campo de referencia de gris que tiene niveles conocidos de gris. Como ejemplo, la tarjeta de referencia de color puede ser una tarjeta plana que comprende al menos un sustrato que tiene, en al menos una superficie y/o dispuesto en la misma, la pluralidad de campos de referencia de color que tienen coordenadas de color conocidas y al menos tres campos de referencia de gris, teniendo cada campo de referencia de gris un nivel conocido de gris diferente. De forma alternativa o adicionalmente, la tarjeta de referencia de color también puede comprender la pluralidad de campos de referencia de color que tienen valores de color de referencia conocidos y al menos un campo de referencia de gris que tiene al menos tres niveles conocidos de gris diferentes. Por ejemplo, el campo de referencia de gris con niveles de gris diferentes se puede dividir en múltiples secciones, teniendo cada una un nivel conocido de gris diferente, tal como un campo de referencia de gris que se divide en al menos tres secciones, teniendo cada sección un nivel conocido de gris diferente. De forma alternativa, el campo de referencia de gris con niveles de gris diferentes puede comprender un gradiente continuo de niveles de gris, comprendiendo dicho campo de referencia de gris un gradiente continuo de niveles de gris entre blanco y negro. El sustrato, específicamente, puede tener una

superficie plana con los campos de referencia de color y los campos de referencia de gris dispuestos sobre la misma. El sustrato, como ejemplo, puede ser o puede comprender uno o más de un sustrato de papel, un sustrato de cartón, un sustrato de plástico, un sustrato cerámico o un sustrato metálico. También son posibles sustratos laminados. El sustrato, como ejemplo, puede tener forma de lámina o ser flexible. Cabe señalar, sin embargo, que el sustrato también se puede implementar en un artículo de uso, tal como en una pared de una caja, un vial, un recipiente, un consumible médico, tal como una tira reactiva o similar. Por tanto, la tarjeta de referencia de color también se puede integrar total o parcialmente en la tira reactiva óptica. Por tanto, la al menos una imagen de al menos una parte de la tarjeta de referencia de color puede comprender total o parcialmente una imagen de al menos una parte de la tira reactiva óptica que tiene al menos un campo de prueba de reactivo.

Además, la tarjeta de referencia de color puede comprender al menos un marcador de posición. El al menos un marcador de posición, como ejemplo, puede ser o puede comprender al menos uno de un identificador para identificar la tarjeta de referencia de color y/o el tipo de tarjeta de referencia de color, tal como al menos uno de una etiqueta, un código de barras o un código QR; un especificador que especifica detalles de la tarjeta de referencia de color, tal como valores de color de referencia o similares, tal como usando al menos uno de una etiqueta, un código de barras o un código QR; un marcador de posición y/o marcador de orientación, tal como al menos uno de una marca fiducial, un código ArUco o similar. Específicamente, el al menos un marcador de posición se puede disponer en al menos una esquina de la tarjeta de referencia de color. Por tanto, el dispositivo móvil se puede configurar para detectar y/o leer el marcador, específicamente detectando ópticamente el marcador en la al menos una imagen capturada en la etapa i), y opcionalmente recuperando información del marcador, tal como información sobre el tipo, las propiedades o la orientación de la tarjeta de referencia de color.

El término "campo de referencia de gris", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un elemento arbitrario, tal como un campo que tiene una limitación conocida o determinable, que tiene un color o un tono de gris de un nivel conocido de gris. El término "nivel de gris", como se usa en el presente documento, también es un término amplio y se le debe dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se debe limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un elemento de información que contiene información de intensidad de un objeto tal como un campo, específicamente información de intensidad en una escala de grises predeterminada. La información de intensidad, específicamente, puede ser información sobre un tono de gris en el nivel de escala de grises, específicamente sin llevar información sobre el color del objeto. Por tanto, específicamente, el nivel de gris puede contener un valor de luminosidad relativo que indica una proporción o porcentaje de una mezcla de blanco y negro. Por ejemplo, un nivel de gris de un 100 % puede indicar un campo negro, un nivel de gris de un 0 % puede indicar un campo blanco, mientras que un nivel de gris entre un 0 y un 100 % puede indicar una mezcla de blanco y negro. Adicionalmente o de forma alternativa, el nivel de gris puede contener información derivada de valores de color, sin embargo, específicamente, sin describir un color. Por tanto, el nivel de gris se puede determinar al menos parcialmente mediante los valores de color R, G, B del campo de referencia de gris, tal como usando los valores de color R, G, B en una combinación lineal para determinar el nivel de gris, por ejemplo, de acuerdo con: $g = 0,3 * R + 0,59 * G + 0,11 * B$, en la que g indica el nivel de gris. También son factibles otras combinaciones tales como combinaciones lineales de los valores de color R, G, B para obtener el nivel de gris.

El campo de referencia de gris puede ser una estructura bidimensional, tal como un rectángulo, un cuadrado, un polígono, un círculo y/o una elipse, con un nivel de gris uniforme. El nivel de gris del campo de referencia de gris puede ser específicamente uno o más de predeterminado, conocido o determinable. Además, la pluralidad de campos de referencia de gris comprendidos en la tarjeta de referencia de color se puede asignar localmente a uno o más del campo de prueba y a la pluralidad de campos de referencia de color. Los campos de referencia de gris comprendidos en la tarjeta de referencia de color pueden tener específicamente valores de color conocidos, predeterminados o determinables, específicamente valores de color RGB conocidos.

El término "asignar localmente", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le debe dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se debe limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una disposición espacial predeterminada, tal como una disposición local estandarizada, entre al menos dos objetos. Como ejemplo, dos o más objetos se pueden asignar localmente entre sí colocándose en una posición vecina. Por tanto, específicamente, una pluralidad de objetos tales como la pluralidad de campos de referencia de gris se pueden asignar a otro objeto tal como el campo de prueba rodeando el campo de prueba. En consecuencia, todos los campos de referencia de gris vecinos que rodean el campo de prueba se pueden asignar localmente al campo de prueba. Por tanto, la pluralidad de campos de referencia de gris asignados localmente al campo de prueba se pueden disponer en la tarjeta de referencia de color, de modo que la pluralidad de campos de referencia de gris puedan rodear el campo de prueba de la tira reactiva óptica cuando la tira reactiva se coloque detrás de la tarjeta de referencia de color. Además, la pluralidad de campos de referencia de gris asignados localmente al al menos un campo de referencia de color se pueden disponer en la tarjeta de referencia de color, de modo que la pluralidad de campos de referencia de gris puedan rodear al al menos un campo de referencia de color. Por tanto, el término "localmente" se puede referir a un entorno más cercano al campo de referencia de color y/o al campo de prueba de

reactivo. En este caso, en general, si el primer objeto se asigna localmente a un segundo objeto, esta asignación no excluye necesariamente que el primer objeto también se asigne localmente a al menos un tercer objeto. Como ejemplo, el primer objeto puede ser vecino de al menos un segundo objeto y de al menos un tercer objeto y, de este modo, asignarse tanto al segundo objeto como al tercer objeto.

El término "campo de referencia de color", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un elemento arbitrario que tiene propiedades ópticas conocidas, tal como un valor de color de referencia conocido. Específicamente, un campo de referencia de color comprendido en la tarjeta de referencia de color puede ser una estructura bidimensional, tal como un rectángulo, un cuadrado, un polígono, un círculo y/o una elipse, con un valor de color uniforme. El valor de color del campo de referencia de color puede ser específicamente uno o más de predeterminado, conocido o determinable. El campo de referencia de color puede estar comprendido en una superficie de la tarjeta de referencia de color y/o estar dispuesto en la misma, específicamente de tal manera que el al menos un campo de referencia de color pueda ser visible en la imagen capturada en la etapa i). Además, los campos de referencia de color pueden tener valores de color en un subespacio del sistema de coordenadas de color correspondiente al espacio de color de la reacción de formación de color de la región de prueba de reactivo. Los campos de referencia de color de la tarjeta de referencia de color se pueden disponer específicamente en un patrón regular sobre la superficie de la tarjeta de referencia de color, tal como en un patrón rectangular, por ejemplo, un patrón de matriz rectangular. La disposición del patrón puede permitir específicamente identificar los campos de referencia de color, tal como buscando a una distancia predeterminada en una dirección x y/o y desde uno o más de los marcadores de posición.

Además, los campos de referencia de color se pueden distribuir localmente sobre la tarjeta de referencia de color, específicamente sobre una parte de la tarjeta de referencia de color visible en la imagen. La tarjeta de referencia de color puede comprender además al menos dos campos de referencia de color que tienen diferentes valores de color de referencia. Específicamente, la tarjeta de referencia de color puede comprender una pluralidad de campos de referencia de color que tienen diferentes valores de color, en la que los valores de color de los campos de referencia de color se pueden seleccionar de un subespacio de color predeterminado del espacio de color. El subespacio de color predeterminado puede comprender al menos un valor de color de la reacción de formación de color del campo de prueba de reactivo.

Además, a cada campo de referencia de color y/o al campo de prueba, se le puede asignar localmente una pluralidad de campos de referencia de gris, de modo que un campo de referencia de color y la pluralidad asignada de campos de referencia de gris y/o el campo de prueba y la pluralidad asignada de los campos de referencia de gris puedan formar un grupo local. Los campos de referencia de gris se pueden asignar a una pluralidad de grupos locales, de modo que los campos de referencia de gris los puedan compartir grupos locales vecinos. Específicamente, el grupo local puede ser al menos uno de: un grupo de campos de referencia de color locales, tal como la pluralidad de campos de referencia de gris asignados localmente al campo de referencia de color; un grupo de campos de prueba, tal como la pluralidad de campos de referencia de gris asignados localmente al campo de prueba. Específicamente, los grupos locales se pueden localizar en diferentes localizaciones de la tarjeta de referencia de color.

El término "valores de referencia de color conocidos", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un valor de color predeterminado, real o verdadero de un campo de referencia de color. Específicamente, el valor de color de referencia conocido puede comprender al menos tres valores de color, tal como al menos un valor de color para cada color R, G, B. El valor de color de referencia conocido para cada campo de referencia de color se puede almacenar en un dispositivo de almacenamiento de datos del dispositivo móvil, por ejemplo mediante una tabla de consulta, un registro, una base de datos o similar. Los valores de color de referencia conocidos se pueden haber determinado midiendo los valores de color respectivos, específicamente midiendo los valores de color en un entorno de laboratorio controlado, tal como usando un espectrofotómetro. La medición de los campos de referencia de color usando un espectrofotómetro puede definir los respectivos valores de color de referencia conocidos.

Como se explica anteriormente, la etapa ii) comprende aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada a la imagen obtenida en la etapa i), obteniendo de este modo al menos una primera imagen con corrección de intensidad. El término "corrección de mapeo de tonos medios basados en píxeles", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado normal y habitual para una persona experta en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una correlación y/o asignación de un segundo valor de luminosidad a un primer valor de luminosidad, en la que el primer valor de luminosidad lo puede generar, detectar o registrar el dispositivo de formación de imágenes. La correlación y/o asignación puede comprender al menos una operación matemática, por ejemplo, una multiplicación con al menos un factor u otro tipo de operación matemática. El primer valor de luminosidad puede formar parte del primer conjunto de datos o datos sin procesar. El segundo valor de luminosidad puede formar parte del segundo conjunto de datos o datos procesados, en el que el segundo

valor de luminosidad se puede obtener aplicando la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles a la imagen capturada en la etapa i). En particular, el primer valor de luminosidad puede formar parte del conjunto de datos ópticos resueltos espacialmente comprendido en la imagen, en particular, la imagen obtenida en la etapa i), mientras que los segundos valores de luminosidad pueden formar parte de la primera imagen con corrección de intensidad obtenida en la etapa ii). La correlación y/o asignación puede ser en particular una función, específicamente una función continua o discontinua, una curva, una tabla de consulta, un operador o cualquier otro medio que describa la correlación entre el primer valor de luminosidad y el segundo valor de luminosidad. El término "basado en píxeles" se puede referir específicamente al hecho de que una modificación de la luminosidad aplicando la corrección de mapeo de tonos tiene lugar en base a los valores de luminosidad o valores de intensidad de cada uno de los píxeles o al menos de grupos predeterminados de píxeles.

Por ejemplo, la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles puede comprender una corrección de mapeo de tonos medios derivada al combinar una pluralidad de correcciones de mapeo de tonos para diferentes tipos de dispositivos móviles. Como otro ejemplo, la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles puede comprender una inversa de la corrección gamma estándar. La corrección gamma estándar se puede referir en particular a la corrección gamma sRGB del espacio de color sRGB, en la que "sRGB" significa "rojo verde azul estándar". Específicamente, la corrección gamma estándar puede ser reversible. Por tanto, la corrección puede comprender aplicar una inversa de la corrección gamma estándar al primer valor de luminosidad para obtener el segundo valor de luminosidad. Además, la corrección de mapeo de tonos medios se puede determinar y, por tanto, se puede almacenar en el dispositivo móvil, tal como en al menos un dispositivo de almacenamiento de datos del dispositivo móvil.

Además, la corrección de mapeo de tonos medios puede ser una corrección "basada en píxeles", de modo que cada píxel de la imagen grabada o al menos cada grupo predefinido de píxeles se pueda corregir individualmente mediante la corrección de mapeo de tonos medios. Preferentemente, la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles puede ser una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles global, de modo que todos los píxeles se corrijan de la misma manera. Como otro ejemplo, la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles puede ser una corrección de mapeo de tonos medios específica de RGB, de modo que cada color de los colores RGB se pueda corregir con una corrección de mapeo de tonos medios específica del color.

El término "primera imagen con corrección de intensidad", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado normal y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a datos de imagen obtenidos aplicando la corrección de mapeo de tonos basada en píxeles predeterminada a los datos de imagen obtenidos en la etapa i). En este caso, el término "primero" pretende ser simplemente una nomenclatura y no una clasificación u orden.

Como se explica en más detalle anteriormente, en la etapa iii), se deriva una información de luminosidad local a partir de la primera imagen con corrección de intensidad. El término "información de luminosidad local", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le debe dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se debe limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una indicación numérica que describe la intensidad local de al menos un color RGB, específicamente del campo de referencia de color y/o del campo de prueba de reactivo. Además, la información de luminosidad local se deriva usando la pluralidad de campos de referencia de color gris asignados localmente al campo de referencia de color y al campo de prueba de reactivo. Por tanto, como ejemplo, la información de luminosidad local para el campo de referencia de color respectivo o para el campo de prueba se puede determinar usando una pluralidad de campos de referencia de gris que rodean el campo de referencia de color o el campo de prueba, respectivamente, como se expondrá a continuación en más detalle. De este modo, se puede derivar información de luminosidad local promediada en el área del campo de referencia de color o del campo de prueba, respectivamente, ya que se puede tener en cuenta la información de luminosidad de ambos lados o, incluso, de todos los lados del campo de referencia de color o del campo de prueba, respectivamente.

Como se explica anteriormente, en la etapa iv), la información de luminosidad local se tiene en cuenta al aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos local. El término "corrección de mapeo de tonos local", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado normal y habitual para una persona experta en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una correlación y/o una asignación de un tercer valor de luminosidad al segundo valor de luminosidad, en la que los segundos valores de luminosidad se pueden obtener aplicando la corrección de mapeo de tonos medios a los datos de imagen generados por el dispositivo de formación de imágenes. La corrección de mapeo de tonos local también puede ser o puede comprender al menos una operación matemática, por ejemplo, una multiplicación con al menos un factor u otro tipo de operación matemática. La correlación y/o asignación puede ser en particular una función, específicamente una función continua o discontinua, una curva, una tabla de consulta, un operador o cualquier otro medio que describa la correlación entre el segundo valor de luminosidad y el tercer valor de luminosidad. Como ejemplo, la corrección de mapeo de tonos local puede comprender una relación matemática entre los valores de luminosidad medidos, tales como los segundos valores de luminosidad y los valores de referencia, tales como el nivel de gris conocido de los campos de referencia de gris.

Específicamente, la relación matemática se puede describir mediante una aproximación parabólica. Además, la corrección de mapeo de tonos local tiene en cuenta la información de luminosidad local obtenida en la etapa iii). Por tanto, la corrección de mapeo de tonos local puede ser específicamente una corrección de mapeo de tonos local específica del dispositivo móvil. Como ejemplo, aplicando la corrección de mapeo de tonos local a los segundos valores de luminosidad de la primera imagen con corrección de intensidad, se pueden obtener los terceros valores de luminosidad, que específicamente pueden formar parte de la segunda imagen con corrección de intensidad.

El término "tener en cuenta la información de luminosidad local" se puede referir simplemente al hecho de que la corrección de mapeo de tonos local tiene en cuenta la información de luminosidad local derivada en la etapa iii). Por tanto, la corrección de mapeo de tonos local es una corrección que se basa al menos parcialmente en la información derivada en la etapa iii), tal como determinando uno o más parámetros de corrección de la corrección de mapeo de tonos local en base a la información de luminosidad local.

Aplicando al menos una corrección de mapeo de tonos local a la primera imagen con corrección de intensidad, se obtiene al menos una segunda imagen con corrección de intensidad. El término "segunda imagen con corrección de intensidad", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado normal y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a datos de imagen obtenidos aplicando la corrección de mapeo de tonos local a los datos de imagen de la primera imagen con corrección de intensidad obtenida en la etapa ii). Específicamente, la segunda imagen con corrección de intensidad puede ser una imagen linealizada y con corrección de intensidad. El término "segundo", como se utiliza en el presente documento, pretende ser simplemente una nomenclatura, sin proporcionar una clasificación ni orden.

Como se explica en más detalle anteriormente, la etapa v) comprende determinar la concentración de analito en base a una reacción de formación de color del campo de prueba de reactivo. El término "reacción de formación de color", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una reacción química, biológica o física durante la que un color, específicamente una reflectancia, de al menos un elemento implicado en la reacción cambia con el progreso de la reacción. La reacción de formación de color se puede detectar por el dispositivo móvil, tal como por un procesador del dispositivo móvil, y se puede evaluar cuantitativamente, por ejemplo, al derivar, a partir de la al menos una imagen, al menos un parámetro que cuantifica o caracteriza la formación de color del campo de prueba de reactivo debido a la presencia del analito en el líquido corporal. Como ejemplo, se pueden usar una o más de las coordenadas de color mencionadas anteriormente. Por tanto, el dispositivo móvil y específicamente el procesador del dispositivo móvil se pueden configurar para determinar un cambio de color determinando un cambio de una o más coordenadas de color que tiene lugar debido a la reacción de detección.

El al menos un valor de concentración de analito se determina a partir de la formación de color del campo de prueba de reactivo. Para este propósito, se puede usar la al menos una segunda imagen con corrección de intensidad. El valor de concentración de analito, como ejemplo, puede ser un indicador de valor numérico de un resultado de la medición analítica, tal como un indicativo de la concentración de al menos un analito en la muestra, tal como una concentración de glucemia.

Para determinar el al menos un valor de concentración de analito a partir de la formación de color del campo de prueba de reactivo, como ejemplo, se puede derivar al menos un parámetro del campo de prueba de reactivo, tal como al menos un parámetro de formación de color. En este caso, se puede usar un parámetro promediado, promediado sobre todo el campo de prueba de reactivo o sobre al menos una región del campo de prueba. Para transformar el al menos un parámetro derivado del campo de prueba de reactivo en la concentración de analito, se puede usar al menos un algoritmo de transformación predeterminado o determinable. Como ejemplo, se puede usar al menos una relación predeterminada o determinable para transformar el al menos un parámetro en la concentración de analito, tal como al menos una función de transformación, por ejemplo, una función de transformación lineal o una función de transformación no lineal. Adicionalmente o de forma alternativa, la relación se puede describir mediante una curva de transformación que transforma el al menos un parámetro en la concentración de analito o usando al menos una tabla de búsqueda. Además del al menos un parámetro derivado de la formación de color del campo de prueba de reactivo, se pueden usar uno o más parámetros para determinar la concentración de analito. Además, la transformación del al menos un parámetro derivado de la formación de color del campo de prueba de reactivo en la concentración de analito puede ser una transformación de una sola etapa o puede ser una transformación de múltiples etapas.

El procedimiento para determinar la concentración de al menos un analito en la muestra de un líquido corporal puede comprender además:

vi) derivar, usando al menos algunos de los campos de referencia de color en la segunda imagen con corrección de intensidad, al menos una corrección de color; y

vii) aplicar la corrección de color a la segunda imagen con corrección de intensidad, obteniendo de este modo al

menos una imagen con corrección de intensidad y con corrección de color.

Específicamente, las etapas vi) y vii) se pueden realizar después de realizar la etapa iv). Además, la corrección de color puede comprender al menos una matriz de corrección de color, en la que la etapa vii) puede comprender aplicar la matriz de corrección de color a los vectores de coordenadas de color de la imagen. Por ejemplo, la matriz de corrección de color se puede aplicar a las coordenadas de color de la segunda imagen con corrección de intensidad. Por ejemplo, la corrección de color en la etapa vii) se puede aplicar a la segunda imagen con corrección de intensidad o a cualquier parte de la misma, tal como al campo de prueba y/u otras partes de la tarjeta de referencia de color. Por tanto, las etapas vi) y vii) se pueden realizar específicamente después de realizar la etapa iv) y antes de realizar la etapa v). Por lo tanto, determinar la concentración de analito en la etapa v) puede tener en cuenta específicamente la imagen con corrección de intensidad y con corrección de color.

El término "corrección de color", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le debe dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se debe limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un algoritmo para transformar al menos un elemento de información de color en otro elemento de información de color. Por tanto, específicamente, el algoritmo puede contener un algoritmo que intenta al menos parcialmente revertir los cambios en el al menos un elemento de información de color introducido por componentes ópticos y/o electrónicos de un sistema, tales como la cámara y/o el dispositivo móvil. En consecuencia, el término "imagen con corrección de color", como se usa en el presente documento, en general, se puede referir al resultado de aplicar la corrección de color a al menos una imagen, tal como a los elementos de información de color de la al menos una imagen, específicamente, en el presente caso, a la segunda imagen con corrección de intensidad o a cualquier parte de la misma, tal como el campo de prueba.

En general, el procedimiento puede comprender una o más etapas de balance de blancos. El balance de blancos se puede realizar específicamente en una o más de la primera imagen con corrección de intensidad obtenida en la etapa ii), la segunda imagen con corrección de intensidad obtenida en la etapa iv) o la imagen con corrección de intensidad y con corrección de color obtenida en la etapa vii) opcional. Específicamente, el balance de blancos se puede realizar en una imagen linealizada. Más específicamente, el balance de blancos se puede realizar en la etapa iv) y/o en combinación o al menos parcial y simultáneamente con la etapa iv) del procedimiento, tal como en la segunda imagen con corrección de intensidad. Específicamente, el balance de blancos se puede realizar en la primera imagen con corrección de intensidad obtenida en la etapa ii). El balance de blancos específicamente se puede integrar total o parcialmente en la etapa iv) y/o la corrección de mapeo de tonos local puede implicar al menos un balance de blancos. Adicionalmente o de forma alternativa, el balance de blancos se puede implementar total o parcialmente como una etapa separada de la corrección de mapeo de tonos local, tal como implementando al menos una etapa separada de balance de blancos, por ejemplo, como etapas de balance de blancos separadas o etapas de corrección para los canales de color que dan como resultado un balance de blancos. La segunda imagen con corrección de intensidad puede ser específicamente una segunda imagen con balance de blancos y corrección de intensidad o se puede reemplazar por una segunda imagen con balance de blancos y corrección de intensidad.

Se pueden realizar una o más etapas de balance de blancos. El balance de blancos puede ser o puede comprender al menos un balance de blancos global aplicado de forma uniforme a la imagen general. Sin embargo, adicionalmente o de forma alternativa, como se explicará en más detalle a continuación, el balance de blancos también puede ser o también puede comprender al menos un balance de blancos local, teniendo en cuenta las irregularidades dentro de la imagen, tales como las irregularidades de color generadas por una iluminación heterogénea de la tarjeta de referencia de color y/o de la tira reactiva óptica, por ejemplo, irregularidades generadas por la iluminación de fondo.

El procedimiento puede comprender además, antes de la etapa vi), un balance de blancos local de al menos algunos de los campos de referencia de color y del campo de prueba, específicamente de todos los campos de referencia de color.

El término "balance de blancos", también denominado a veces "balance de colores", "balance de grises" o "balance de neutros", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un ajuste de las intensidades de los colores en el procesamiento de imágenes, tales como colores primarios como el rojo, verde y azul. El balance de blancos, como se explica en más detalle a continuación, puede cambiar la mezcla general de colores o corregir el peso de los colores primarios en una imagen y se puede usar para la corrección de color. Para el balance de blancos, como se explicará en más detalle a continuación, los datos de imagen se pueden transformar a partir de los valores adquiridos a nuevos valores que sean apropiados para la reproducción o visualización de color. Las operaciones de balance de blancos se pueden hacer funcionar específicamente directamente en las coordenadas de color, tales como en los valores de píxeles R, G y B, por ejemplo, aplicando correcciones, por ejemplo, factores de corrección, a las coordenadas de color o valores R, G, B. En general, el balance de blancos puede comprender ajustar las intensidades de las coordenadas de color medidas. El balance de blancos puede comprender al menos una transformación de las

5 coordenadas de color medidas, por ejemplo, al menos una matriz de transformación y/o al menos un factor de transformación. El balance de blancos puede transformar las coordenadas de color medidas en coordenadas de color con balance de blancos, de modo que las coordenadas de color con balance de blancos de un color neutro, por ejemplo, de un color gris y/o un color blanco, sean neutras en la imagen con balance de blancos. El balance de blancos puede corregir las coordenadas de color medidas para condiciones de iluminación heterogéneas provocadas por diferentes fuentes de luz que tienen diferentes colores de luz, por ejemplo, cuando la luz ambiente interfiere con una fuente de luz del dispositivo móvil. El balance de blancos puede ser específicamente un balance de blancos local. El balance de blancos local puede tener en cuenta variaciones locales de la intensidad en la imagen medida, específicamente variaciones locales de la intensidad de los campos de referencia de color o del campo de prueba, respectivamente.

15 El término "local" en el contexto del término "balance de blancos local" se puede referir específicamente al hecho de que el balance de blancos se puede realizar dependiendo de la localización en la imagen. Por tanto, específicamente, puede haber al menos dos localizaciones diferentes dentro de la imagen, tales como al menos dos posiciones de píxeles diferentes, para las cuales el balance de blancos se realiza de forma diferente, tal como aplicando una primera corrección de balance de blancos para al menos una de las coordenadas de color en una primera posición y una segunda corrección de balance de blancos para al menos una de las coordenadas de color en una segunda posición, diferenciándose la segunda corrección de balance de blancos de la primera corrección de balance de blancos. El término "posición" o "localización", como se usa en el presente documento, también se puede referir a una posición de grupo, tal como a un grupo que comprende un campo de referencia de color y los campos de referencia de gris asignados localmente respectivos, en el que el grupo se puede tratar, en el balance de blancos, como si tuviera una posición común en la imagen. De forma similar, el campo de prueba y los campos de referencia de gris asignados localmente al campo de prueba se pueden tratar como un grupo que tiene una posición de grupo.

25 El balance de blancos local puede comprender, para los campos de referencia de color y el al menos un campo de prueba sometido al balance de blancos, usar los campos de referencia de gris asignados localmente a los campos de referencia de color respectivos o al campo de prueba, respectivamente. Específicamente, el balance de blancos local puede comprender usar las coordenadas de color medidas de los campos de referencia de gris asignados localmente a los campos de referencia de color respectivos o al campo de prueba, respectivamente. Como se explicará en más detalle a continuación, los campos de referencia de gris asignados localmente a los campos de referencia de color respectivos o al campo de prueba, respectivamente, pueden comprender una pluralidad de campos de referencia de gris redundantes que tienen al menos tres niveles de gris diferentes. El balance de blancos local puede tener en cuenta un promedio de las coordenadas de color medidas para los campos de referencia de gris redundantes. Las coordenadas de color medidas de campos de referencia de gris redundantes que tienen el mismo nivel de gris se pueden promediar en cada uno de los colores R, G, B. El promedio de las coordenadas de color medidas para los campos de referencia de gris redundantes se puede usar para el balance de blancos local para derivar correcciones locales.

40 Los campos de referencia de gris redundantes asignados localmente al campo de referencia de color respectivo o al campo de prueba, respectivamente, pueden rodear el campo de referencia de color o el campo de prueba, respectivamente, de forma simétrica. Promediando los campos de referencia de gris redundantes, se puede obtener una intensidad virtual medida de las coordenadas de color en la posición y/o en el centro del campo de referencia de color respectivo o del campo de prueba, respectivamente. La intensidad virtual medida de las coordenadas de color se puede usar para el balance de blancos local para derivar correcciones locales.

50 El balance de blancos local puede comprender, para los campos de referencia de color o el campo de prueba, respectivamente, sometidos al balance de blancos, derivar correcciones locales, específicamente factores de corrección locales, para los campos de referencia de color respectivos o el campo de prueba, respectivamente, comparando coordenadas de color medidas de los campos de referencia de gris con coordenadas de color conocidas de los campos de referencia de gris. Específicamente, comparando las coordenadas de color medidas de los campos de referencia de gris con las coordenadas de color conocidas de los campos de referencia de gris, se puede determinar al menos un factor de corrección local. El al menos un factor de corrección local puede describir una proporción entre las coordenadas de color medidas y las coordenadas de color conocidas respectivas de los campos de referencia de gris. El factor de corrección local puede ser específicamente un factor de corrección específico del color. Por ejemplo, se puede determinar específicamente un factor de corrección local para cada uno de los colores R, G, B, independientemente.

60 El balance de blancos local puede comprender además aplicar las correcciones locales respectivas a las coordenadas de color medidas de los campos de referencia de color respectivos o el campo de prueba, respectivamente. Por ejemplo, los factores de corrección local, específicamente uno para cada uno de los colores R, G, B, se pueden aplicar a las coordenadas de color medidas respectivas de los campos de referencia de color respectivos o el campo de prueba, respectivamente.

65 Para realizar la etapa vi), la segunda imagen con corrección de intensidad se puede reemplazar por una segunda imagen con corrección de intensidad y con balance de blancos local. La corrección de color en la etapa vi) se puede

5 derivar de la segunda imagen con corrección de intensidad y con balance de blancos local. La corrección de color se puede aplicar en la etapa vii) a la segunda imagen con corrección de intensidad y con balance de blancos local, de este modo, se puede obtener una imagen con balance de blancos y con corrección de intensidad y con corrección de color. La determinación de la concentración de analito en la etapa v) puede tener en cuenta específicamente la imagen con balance de blancos y con corrección de intensidad y con corrección de color.

En la etapa vi), la corrección de color se puede derivar usando una selección de los campos de referencia de color. La selección de los campos de referencia de color se podrá basar en al menos uno de:

- 10 - seleccionar campos de referencia de color en un subespacio predeterminado del espacio de color;
- seleccionar dinámicamente campos de referencia de color en un entorno del color del campo de prueba en el espacio de color;
- 15 - ponderar los campos de referencia de color de forma diferente, dando específicamente a los campos de referencia de color que tienen un color cercano al color del campo de prueba un peso mayor que a los campos de referencia de color que están más alejados del color del campo de prueba en el espacio de color;
- 20 - seleccionar campos de referencia de color de acuerdo con una exactitud de la corrección de color, específicamente una exactitud determinada mediante validación cruzada de campos de referencia de color;
- seleccionar un conjunto de campos de referencia de color de al menos dos conjuntos redundantes de campos de referencia de color de acuerdo con la exactitud de la corrección de color, omitiendo específicamente el conjunto redundante de campos de referencia de color que tienen una precisión baja de la corrección de color.

25 Como se explica anteriormente, el procedimiento comprende en la etapa ii), aplicar la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles a la imagen obtenida en la etapa i). La corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles puede comprender al menos una de: una corrección de mapeo de tonos medios derivada al combinar una pluralidad de correcciones de mapeo de tonos para diferentes tipos de dispositivos móviles; una inversa de una corrección gamma estándar. Específicamente, la corrección de mapeo de tonos medios se puede derivar promediando la pluralidad de correcciones de mapeo de tonos para los diferentes tipos de dispositivos móviles.

35 El procedimiento puede comprender además seleccionar al menos una área de interés de la al menos una imagen capturada en la etapa i), en el que la etapa ii) se puede realizar en base al área de interés. El término "área de interés", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado normal y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una parte de una imagen que se usa para su procesamiento adicional. Esta elección del área de interés a partir de la al menos una imagen puede tener lugar manualmente o, específicamente, automáticamente, tal como detectando automáticamente, en la imagen, el área de interés. Para detectar, específicamente detectar automáticamente, se puede usar programa informático de reconocimiento de imágenes, tal como programa informático de reconocimiento de imágenes que detecta conformaciones específicas y/u otro programa informático de reconocimiento de imágenes, tal como inteligencia artificial. El área de interés puede comprender específicamente al menos parte del campo de prueba de reactivo y al menos parte de la tarjeta de referencia de color. Específicamente, el área de interés la puede determinar al menos uno de: al menos un marcador de posición visible en la imagen, específicamente al menos un marcador de código ArUco; reconocimiento de imágenes para detectar al menos un rasgo característico en la imagen, específicamente reconocimiento de imágenes para detectar un área de la tarjeta de referencia de color que comprende los campos de referencia de gris y los campos de referencia de color.

50 Además, el procedimiento puede comprender, específicamente antes de realizar la etapa iv), realizar al menos una modificación estadística de la primera imagen con corrección de intensidad, en el que la etapa iv) se puede realizar sobre la base de la primera imagen con corrección de intensidad modificada estadísticamente. El término "modificación estadística", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le debe dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se debe limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una operación que aplica al menos un algoritmo estadístico a un conjunto de datos, tales como datos de imagen. El algoritmo estadístico puede, como ejemplo, comprender al menos un algoritmo seleccionado del grupo que consiste en: un análisis de histograma de los datos y un promedio de los datos, un filtrado de los datos. Como ejemplo, la modificación estadística puede comprender la creación de histogramas para los campos de referencia de gris, los campos de referencia de color y el campo de prueba visible en la primera imagen con corrección de intensidad. Además, la modificación estadística puede comprender evaluar el histograma creado mediante al menos uno de: excluir valores atípicos, específicamente valores atípicos que se encuentran en la periferia del histograma; filtrar valores de color, tales como valores de color por encima y/o por debajo de un determinado umbral; comprobar la plausibilidad del histograma; someter el histograma a un algoritmo a una prueba de fallos; calcular una propiedad del histograma, tal como un valor medio, una desviación, específicamente una desviación estándar, o similares.

Específicamente, para los campos de referencia de gris, los campos de referencia de color y el campo de prueba visible en la primera imagen con corrección de intensidad, la información de imagen basada en píxeles se puede reemplazar por información representativa, específicamente por información promedio, para los campos de referencia de gris, los campos de referencia de color y el campo de prueba, respectivamente.

Como se explica anteriormente, el procedimiento comprende en la etapa iv), aplicar la corrección de mapeo de tonos local a la primera imagen con corrección de intensidad. Como ejemplo, la corrección de mapeo de tonos local puede ser una corrección de mapeo de tonos individual específica del dispositivo móvil. Por tanto, la corrección de mapeo de tonos local se puede determinar para dispositivos móviles individuales o para grupos de dispositivos móviles individuales, teniendo en cuenta de este modo propiedades específicas de los dispositivos móviles, tales como las características de transformación de imágenes individuales de los dispositivos móviles. La determinación de la corrección de mapeo de tonos local puede formar parte del procedimiento. En consecuencia, la determinación de la corrección de mapeo de tonos individual específica del dispositivo móvil se puede realizar para el dispositivo móvil específico actualmente en uso para el procedimiento.

Como se explica anteriormente, la tarjeta de referencia de color puede comprender campos de referencia de gris asignados localmente al campo de prueba. Los campos de referencia de gris asignados localmente al campo de prueba pueden rodear el campo de prueba. Por tanto, los campos de referencia de gris asignados localmente al campo de prueba y el campo de prueba pueden formar un grupo de campos de prueba. El grupo de campos de prueba puede comprender una pluralidad de campos de referencia de gris redundantes que tienen al menos tres niveles de gris diferentes, en el que se puede proporcionar al menos dos campos de referencia de gris redundantes para cada nivel de gris. Por ejemplo, la pluralidad de campos de referencia de gris redundantes puede comprender al menos tres campos de referencia de gris diferentes que tienen diferentes niveles de gris. De forma alternativa y/o adicionalmente, los campos de referencia de gris redundantes pueden comprender al menos un campo de referencia de gris que tiene un gradiente de niveles de gris o diferentes secciones con al menos tres niveles de gris diferentes. Específicamente, los campos de referencia de gris redundantes se pueden disponer alrededor del campo de prueba de forma simétrica, más específicamente, de forma simétrica rotacional y/o simétrica especular. Como ejemplo, en la etapa iii), la información de luminosidad local para el campo de prueba se puede determinar promediando campos de referencia de gris redundantes que tienen el mismo nivel de gris. Específicamente, la información de luminosidad local se puede determinar promediando campos de referencia de gris redundantes con respecto a una distancia del campo de referencia de gris al campo de prueba. Por ejemplo, el promedio puede comprender ponderar los valores de color de campos de referencia de gris redundantes con su distancia cuadrática recíproca al campo de prueba. De forma alternativa o adicionalmente, el promedio puede comprender promediar cada uno de los valores de color RGB por separado.

Además, el grupo de campos de prueba puede compartir al menos algunos de los campos de referencia de gris con al menos un grupo de campos de referencia de color local vecino. Por tanto, los campos de referencia de gris asignados al grupo de campos de prueba también se pueden asignar a al menos un grupo de campos de referencia de color local vecino.

Como se explica en más detalle anteriormente, la tarjeta de referencia de color puede comprender campos de referencia de gris asignados localmente a los campos de referencia de color. Los campos de referencia de gris asignados localmente a los campos de referencia de color pueden rodear los campos de referencia de color respectivos. Por tanto, los campos de referencia de gris asignados localmente a uno de los campos de referencia de color y el campo de referencia de color respectivo pueden formar un grupo de campos de referencia de color local. Cada grupo de campos de referencia de color local puede comprender una pluralidad de campos de referencia de gris redundantes que tienen al menos tres niveles de gris diferentes, en el que se puede proporcionar al menos dos campos de referencia de gris redundantes para cada nivel de gris. Específicamente, los campos de referencia de gris redundantes se pueden disponer alrededor del campo de referencia de color del grupo de campos de referencia de color local respectivo de forma simétrica, más específicamente, de forma simétrica rotacional y/o simétrica especular. Como ejemplo, en la etapa iii), la información de luminosidad local para el campo de referencia de color local respectivo se puede determinar promediando campos de referencia de gris redundantes que tienen el mismo nivel de gris. Específicamente, la información de luminosidad local se puede determinar promediando campos de referencia de gris redundantes con respecto a una distancia del campo de referencia de gris al campo de referencia de color respectivo. Por ejemplo, el promedio puede comprender ponderar los valores de color de campos de referencia de gris redundantes con su distancia cuadrática recíproca al campo de referencia de color. De forma alternativa o adicionalmente, el promedio puede comprender promediar cada uno de los valores de color RGB por separado.

Además, al menos algunos de los campos de referencia de gris los pueden compartir grupos de campos de referencia de color locales vecinos y/o el grupo de campos de prueba y al menos un grupo de campos de referencia de color local. Por tanto, un campo de referencia de gris asignado localmente al grupo de campos de referencia de color local también se puede asignar al grupo de campos de referencia de color local vecino y/o al grupo de campos de prueba.

La tarjeta de referencia de color puede contener además al menos un elemento de posicionamiento para situar la tira reactiva óptica y/o el campo de prueba. Específicamente, la tarjeta de referencia de color puede comprender al menos un elemento de ventana a través del cual el campo de prueba es visible cuando la tira reactiva se coloca detrás de la tarjeta de referencia de color. Por ejemplo, el elemento de ventana puede ser una porción recortada de la tarjeta de referencia de color. El elemento de ventana se puede configurar específicamente para mantener la tira reactiva óptica y, por tanto, el campo de prueba comprendido en la tira reactiva óptica, en la posición definida con respecto a la tarjeta de referencia de color.

Como se explica anteriormente, el procedimiento comprende usar el dispositivo móvil que tiene la al menos una cámara para capturar la al menos una imagen. Como ejemplo, la captura de la al menos una imagen en la etapa i) la puede iniciar automáticamente el dispositivo móvil, específicamente cuando al menos uno de la tarjeta de referencia de color, el campo de prueba y la tira reactiva óptica lo puede reconocer el dispositivo móvil. Por tanto, el dispositivo móvil se puede configurar para reconocer automáticamente al menos uno de la tarjeta de referencia de color, el campo de prueba y la tira reactiva óptica en el campo de visión, como se explica en más detalle anteriormente.

El procedimiento puede comprender además instar al usuario a colocar la tarjeta de referencia de color y al menos uno de la tira reactiva óptica y el campo de prueba en el campo de visión de la cámara. Específicamente, el procedimiento puede comprender instar al usuario mostrando un mensaje en una pantalla del dispositivo móvil. Adicionalmente o de forma alternativa, la indicación puede comprender mostrar uno o más de un marco superpuesto de tarjeta de referencia, una fotografía, un pictograma y/o una animación en la pantalla del dispositivo móvil.

El procedimiento puede comprender, específicamente después de la etapa i), realizar una comprobación de validez con al menos uno de un campo de referencia de color, un campo de referencia de gris y el campo de prueba de reactivo. El término "comprobación de validez", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le debe dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se debe limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un procedimiento de evaluación cualitativa o cuantitativa de la idoneidad de los datos de imagen de un campo de la tarjeta de referencia de color, específicamente de al menos uno de un campo de referencia de color y un campo de referencia de gris, y/o del campo de prueba de reactivo de la tira reactiva óptica que se usa en el procedimiento de acuerdo con la presente invención. La comprobación de validez puede comprender evaluar la imagen de la tarjeta de referencia de color y el campo de prueba de reactivo capturado en la etapa i). Específicamente, la comprobación de validez puede comprender evaluar si reflejos especulares que provocan regiones sobresaturadas y/o sobreexpuestas en la imagen han perturbado al menos parcialmente la imagen de la tarjeta de referencia de color y el campo de prueba. La comprobación de validez se puede realizar específicamente con los campos de referencia de color y los campos de referencia de gris, más específicamente con cada uno de los campos de referencia de color y los campos de referencia de gris, comprendidos en la tarjeta de referencia de color y/o con los campos de prueba de reactivo, más específicamente, con cada uno de los campos de prueba de reactivo, comprendidos en la tira reactiva óptica.

La comprobación de validez puede comprender determinar al menos un valor de color, específicamente los valores de color R, G, B para cada píxel, para el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba a partir de la al menos una imagen capturada en la etapa i). La comprobación de validez puede comprender determinar, en base al al menos un valor de color, si se cumple al menos un criterio de validez en el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba. El término "criterio de validez", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le debe dar su significado común y habitual para un experto en la técnica y no se debe limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un elemento de información que cualifica y/o cuantifica la validez del campo de referencia de color, el campo de referencia de gris o el campo de prueba. Por tanto, como ejemplo, si el valor de color para el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba tiene al menos un valor predeterminado o está dentro de al menos un intervalo de valores predeterminado, se puede cumplir el criterio de validez, mientras que, si el valor de color para el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba no tiene al menos un valor predeterminado o no se encuentra dentro del al menos un intervalo de valores predeterminado, el criterio de validez se puede no cumplir. El criterio de validez puede indicar la validez del campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba, tal como usando uno o más valores numéricos y/o usando uno o más valores booleanos y/o uno o más valores digitales, tales como "cumplido" y "no cumplido" o similares. Como ejemplo, en caso de que el valor de color para el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba esté por encima o por debajo de un valor umbral predeterminado, el criterio de validez se puede establecer en un valor específico. Por ejemplo, se pueden usar uno o más valores umbral, en los que, en caso de que el valor de color para el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba esté por encima del valor umbral, el criterio de validez se puede establecer en "no cumplido", en caso contrario "cumplido" o viceversa. Uno o más valores de umbral pueden variar para el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba, respectivamente.

El criterio de validez puede ser al menos uno de un criterio de validez directo y un criterio de validez indirecto. El

5 criterio de validez directo se puede referir a una medida directa del campo de referencia de color, campo de referencia de gris y/o campo de prueba respectivo. De forma alternativa o adicionalmente, el criterio de validez puede comprender el criterio de validez indirecto que evalúa los campos de referencia de gris que rodean al menos uno del campo de referencia de color y el campo de prueba, describiendo de este modo la validez del campo de referencia de color rodeado y/o el campo de prueba.

10 Por ejemplo, el criterio de validez directo puede comprender un umbral superior, en el que el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba se clasifican como "sobresaturados" si al menos uno de sus valores de color está por encima del umbral superior. El criterio de validez se puede establecer como "no cumplido" si el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba se clasifican como "sobresaturados". El umbral superior puede ser 253, específicamente 254, más específicamente 255. Como otro ejemplo, el criterio de validez directo puede comprender un umbral medio, en el que el campo de referencia de gris se clasifica como "sobreepuesto" si un valor medio de los valores de color del campo de referencia de gris está por encima del umbral medio. El criterio de validez del campo de referencia de gris se puede establecer como "no cumplido" si el campo de referencia de gris se clasifica como "sobreepuesto". El umbral medio puede depender del nivel de gris del campo de referencia de gris. Específicamente, el umbral medio puede estar en el intervalo de 200 a 255, específicamente en el intervalo de 240 a 250, más específicamente de 245, para campos de referencia de color gris claro y/o para campos de referencia de color gris medio. Adicionalmente o de forma alternativa, el umbral medio puede estar en el intervalo de 150 a 200, específicamente en el intervalo de 165 a 175, más específicamente de 170, para campos de referencia de color gris medio y/o para campos de referencia de color gris oscuro. Adicionalmente o de forma alternativa, el umbral medio puede estar en el intervalo de 50 a 100, específicamente en el intervalo de 80 a 90, más específicamente de 85, para campos de referencia de color gris oscuro. Como otro ejemplo, el criterio de validez directo puede comprender un coeficiente de variación, en el que el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba se clasifican como "heterogéneos" si el coeficiente de variación está por encima de un umbral de 0,1, específicamente de 0,2, más específicamente de 0,3. El criterio de validez se puede establecer como "no cumplido" si el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba se clasifican como "heterogéneos". El coeficiente de variación se puede determinar mediante una proporción de una desviación estándar de los valores de color de una pluralidad de píxeles en la imagen que describe el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba, respectivamente, y un valor medio de estos valores de color.

35 Por ejemplo, el criterio de validez indirecto puede comprender un umbral de intensidad relativa. El umbral de intensidad relativa se puede aplicar a los campos de referencia de gris asignados localmente al campo de referencia de color y/o al campo de prueba. En caso de que una diferencia relativa en los niveles de gris entre campos de referencia de gris que tienen los mismos niveles de gris conocidos exceda el umbral de intensidad relativa de un 40 %, específicamente de un 50 %, el criterio de validez del campo de referencia de color rodeado y/o del campo de prueba se puede establecer en "no cumplido". Como otro ejemplo, el criterio de validez indirecto puede comprender una proporción entre campos de referencia de gris de nivel de gris oscuro y campos de referencia de gris de nivel de gris medio. En caso de que una proporción del nivel de gris de los campos de referencia de gris de nivel de gris oscuro y el nivel de gris del campo de referencia de gris de nivel de gris medio esté dentro de un intervalo de 0 a 0,8, específicamente dentro de un intervalo de 0,1 a 0,7, más específicamente dentro de un intervalo de 0,2 a 0,6, el criterio de validez del campo de referencia de color rodeado y/o campo de prueba se puede establecer como "cumplido". Como otro ejemplo, el criterio de validez indirecto puede comprender una proporción entre campos de referencia de gris de nivel de gris medio y campos de referencia de gris de nivel de gris claro. En caso de que una proporción del nivel de gris de los campos de referencia de gris de nivel de gris medio y el nivel de gris del campo de referencia de gris de nivel de gris claro esté dentro de un intervalo de 0 a 0,9, específicamente dentro de un intervalo de 0,1 a 0,8, más específicamente dentro de un intervalo de 0,2 a 0,75, el criterio de validez del campo de referencia de color rodeado y/o campo de prueba se puede establecer como "cumplido".

50 Además, si se cumple el criterio de validez, el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba se pueden marcar como válidos. Sin embargo, si se cumple el criterio de validez, el campo de referencia de color, el campo de referencia de gris y/o el campo de prueba se pueden marcar como no válidos. Los campos de referencia de color, los campos de referencia de gris y/o los campos de prueba que se marcan como válidos se pueden someter a la etapa ii) del procedimiento. En otras palabras, los campos de referencia de color, los campos de referencia de gris y/o los campos de prueba marcados como no válidos se pueden excluir del procesamiento adicional. En caso de que exista un determinado número de campos de referencia de color, campos de referencia de gris y/o campos de prueba, por ejemplo, 2 o más, 5 o más, o 10 o más, tal como de 2 a 20, o de 2 a 10, en particular, un determinado número de campos de referencia de color, por ejemplo, 1 o más, 2 o más, 3 o más, 4 o más, o 5 o más, específicamente 2 o más, o 3 o más, y/o un número relativo de al menos un 10 %, 15 %, 20 %, 25 % o 30 %, en particular al menos un 20 % o al menos un 25 %, de los campos de referencia de color, campos de referencia de gris y/o campos de prueba, en particular de campos de referencia de color, marcados como no válidos, el procedimiento puede comprender repetir la etapa i), tal como capturando automáticamente una imagen con la cámara y/o instando al usuario a capturar una imagen. De otro modo, el procedimiento puede continuar con la etapa ii).

En otro aspecto de la presente invención, se divulga un dispositivo móvil, teniendo el dispositivo móvil al menos una cámara y comprendiendo el dispositivo móvil al menos un procesador, y estando configurado el dispositivo móvil para realizar el procedimiento de acuerdo con la presente invención, tal como de acuerdo con uno cualquiera de los modos de realización divulgados anteriormente y/o de acuerdo con uno cualquiera de los modos de realización divulgados en más detalle a continuación.

El término "procesador", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le ha de dar su significado normal y habitual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un circuito lógico arbitrario configurado para realizar operaciones básicas de un ordenador o sistema y/o, en general, a un dispositivo que se configura para realizar cálculos u operaciones lógicas. En particular, el procesador se puede configurar para procesar instrucciones básicas que controlan el ordenador o sistema. Como ejemplo, el procesador puede comprender al menos una unidad lógica aritmética (ALU), al menos una unidad de punto flotante (FPU), tal como un coprocesador matemático o un coprocesador numérico, una pluralidad de registros, específicamente registros configurados para suministrar operandos a la ALU y almacenar resultados de las operaciones, y una memoria, tal como una memoria caché L1 y L2. En particular, el procesador puede ser un procesador multinúcleo. Específicamente, el procesador puede ser o puede comprender una unidad de procesamiento central (CPU). Adicionalmente o de forma alternativa, el procesador puede ser o puede comprender un microprocesador, por tanto, específicamente los elementos del procesador pueden estar contenidos en un chip de circuito integrado (IC) único. Adicionalmente o de forma alternativa, el procesador puede ser o puede comprender uno o más circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC) y/o una o más matrices de puertas programables en campo (FPGA) o similares.

El procesador se puede configurar específicamente, tal como mediante programación por programa informático, para realizar y/o respaldar las etapas del procedimiento para determinar la concentración de un analito en una muestra de un líquido corporal. Específicamente, el procesador se puede configurar para respaldar la captura de la al menos una imagen de la al menos una parte de la tira reactiva óptica que tiene el campo de prueba de la al menos una parte de la tarjeta de referencia de color usando la cámara. El procesador se puede configurar además para determinar al menos un valor de concentración de analito a partir de la reacción de formación de color del campo de prueba, tal como evaluando la imagen, derivando el al menos un parámetro sobre la formación de color de la imagen y transformando el al menos un parámetro en el al menos un valor de concentración de analito. El procesador se puede configurar además específicamente para respaldar una o más o todas las etapas i), ii), iii), iv) y v) del procedimiento, tal como para aplicar la al menos una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada a la imagen capturada, tal como para derivar la información de luminosidad local y para aplicar la al menos una corrección de mapeo de tonos local. El procesador se puede configurar además para realizar y/o respaldar las etapas vi) y vii) del procedimiento, tal como derivando la al menos una corrección de color y aplicando la corrección de color a la imagen con corrección de intensidad.

El procesador se puede configurar además para respaldar la aplicación de muestra a la tira reactiva óptica, por ejemplo, proporcionando orientación al usuario, por ejemplo, en un formato visual y material o en un formato audible. El procesador se puede configurar además para respaldar la captura de la al menos una imagen, por ejemplo, detectando automáticamente la tira reactiva óptica, la tarjeta de referencia de color y el campo de prueba o partes de los mismos en un campo visual y/o instando al usuario a capturar la imagen.

Además, el dispositivo móvil puede comprender al menos una fuente de luz, en el que el dispositivo móvil se puede configurar para iluminar la tarjeta de referencia de color y el campo de prueba durante la captura de la imagen en la etapa i). Como ejemplo, la segunda imagen con corrección de intensidad es una imagen corregida por heterogeneidades de la iluminación por parte de la fuente de luz.

El término "fuente de luz" como se usa en el presente documento es un término amplio y se le ha de dar su significado común y usual para un experto en la técnica y no se ha de limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a un dispositivo arbitrario configurado para emitir luz, tal como a una o más luces en el intervalo espectral visible, a la luz en el intervalo espectral infrarrojo o a la luz en el intervalo espectral ultravioleta. Específicamente, la fuente de luz se puede configurar para emitir luz en el intervalo visible, por ejemplo, luz que tiene una longitud de onda de 380 nm a 760 nm. Más específicamente, la fuente de luz se puede configurar para emitir simultáneamente luz que tiene diferentes longitudes de onda, de modo que la fuente de luz se pueda configurar para emitir luz blanca. Como ejemplo, la fuente de luz puede ser o puede comprender al menos un diodo emisor de luz. Sin embargo, también son factibles otras opciones.

En otro aspecto de la invención, se divulga un kit para determinar la concentración de al menos un analito en una muestra de un líquido corporal, comprendiendo el kit el dispositivo móvil de acuerdo con la invención. El kit comprende al menos una tira reactiva óptica que tiene al menos un campo de prueba de reactivo y además al menos una tarjeta de referencia de color, en el que la tarjeta de referencia de color comprende una pluralidad de campos de referencia de gris diferentes asignados localmente al campo de prueba, y en el que la tarjeta de referencia de color comprende una pluralidad de campos de referencia de color diferentes que tienen valores de color de referencia conocidos y una pluralidad de campos de referencia de gris diferentes asignados localmente a

los campos de referencia de color.

5 El término "kit", como se usa en el presente documento, es un término amplio y se le debe dar su significado ordinario y habitual para un experto en la técnica y no se debe limitar a un significado especial o personalizado. El término se puede referir específicamente, sin limitación, a una combinación de al menos dos elementos que, como ejemplo, se pueden suministrar conjuntamente en un envase, que pueden interactuar para cumplir al menos un propósito común.

10 En otro aspecto de la invención, se divulga un programa informático, comprendiendo el programa informático instrucciones que, cuando se ejecutan por el al menos un procesador del dispositivo móvil de acuerdo con la presente invención, tal como de acuerdo con uno cualquiera de los modos de realización divulgados anteriormente y/o de acuerdo con uno cualquiera de los modos de realización divulgados en mayor detalle a continuación y/o por el dispositivo móvil del kit de acuerdo con la presente invención, tal como de acuerdo con uno cualquiera de los modos de realización divulgados anteriormente y/o de acuerdo con uno cualquiera de los modos de realización divulgados en mayor detalle a continuación, hacen que el dispositivo móvil lleve a cabo el procedimiento de acuerdo con la presente invención, tal como de acuerdo con uno cualquiera de los modos de realización divulgados anteriormente y/o de acuerdo con uno cualquiera de los modos de realización divulgados en mayor detalle a continuación.

20 En otro aspecto de la invención, se divulga un medio de almacenamiento legible por ordenador, habiéndose almacenado el medio de almacenamiento legible por ordenador en el programa informático de acuerdo con la presente invención.

25 Como se usa en el presente documento, el término "medio de almacenamiento legible por ordenador" se puede referir específicamente a un medio de almacenamiento de datos no transitorio, tal como un medio de almacenamiento de equipo informático que tiene almacenadas en el mismo instrucciones ejecutables por ordenador. El soporte de datos o medio de almacenamiento legible por ordenador específicamente puede ser o puede comprender un medio de almacenamiento, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) y/o una memoria de solo lectura (ROM).

30 El programa informático también puede estar realizado como un producto de programa informático. Como se usa en el presente documento, un producto de programa informático se puede referir al programa como un producto comercializable. El producto puede existir, en general, en un formato arbitrario, tal como en formato impreso, o en un soporte de datos legible por ordenador y/o en un medio de almacenamiento legible por ordenador. Específicamente, el producto de programa informático se puede distribuir sobre una red de datos.

40 Los procedimientos y dispositivos de acuerdo con la presente invención proporcionan un gran número de ventajas con respecto a procedimientos y dispositivos similares conocidos en la técnica. Específicamente, el procedimiento y los dispositivos descritos en el presente documento pueden ser en particular ventajosos debido a su alta flexibilidad y facilidad de uso. Por ejemplo, el procedimiento y los dispositivos pueden permitir la corrección de la luminosidad teniendo en cuenta aspectos tanto independientes del teléfono inteligente como específicos del dispositivo. Por lo tanto, el procedimiento para determinar la concentración de un analito en una muestra de un líquido corporal se puede usar para una amplia variedad de modelos diferentes de dispositivos móviles. Adicionalmente, la corrección de luminosidad, teniendo en cuenta específicamente las variaciones locales así como las específicas del dispositivo, puede permitir una corrección de color posterior fiable.

50 Además, el presente procedimiento y dispositivos, por ejemplo, usando la tarjeta de referencia de color y la corrección de color, pueden incrementar la exactitud de la medición analítica. Específicamente, el uso de la tarjeta de referencia de color de acuerdo con la presente invención puede permitir la corrección de color de la reacción de formación de color del campo de prueba y, por tanto, puede reducir el efecto de diversos factores que influyen, tales como condiciones de iluminación heterogéneas, en la medición analítica. Por tanto, el procedimiento y los dispositivos de acuerdo con la presente invención pueden incrementar la seguridad de la medición con respecto a los procedimientos y dispositivos conocidos.

55 El procedimiento puede mejorar específicamente los procedimientos existentes para determinar una concentración de analito en base a campos de prueba de reactivo de formación de color y tarjetas de referencia de color aplicando, en primer lugar, una corrección de intensidad doble y, posteriormente, aplicando una corrección de color.

60 Por tanto, para determinar con exactitud el color de una parte dada de una imagen, en primer lugar, se puede corregir la intensidad, también denominada luminosidad, de esa parte de la imagen con referencia a un estándar común. La luminosidad de un área específica de la imagen grabada se puede determinar no solo por el color y la luminosidad del propio objeto grabado, tal como la tira reactiva óptica o un campo de color de referencia en la tarjeta de referencia, sino también por otros múltiples factores, tales como como la luminosidad de la fuente de luz, la velocidad de obturación y el tamaño de apertura, la sensibilidad de los sensores, las ganancias de los sensores y cualquier etapa posterior al procesamiento digital. La luminosidad observada en la imagen grabada, que se

puede someter a todos estos factores, también se puede denominar "luminosidad aparente". La luminosidad de los diferentes campos de la tarjeta de referencia de color se puede conocer, tal como midiendo la luminosidad en condiciones estándar, por ejemplo, usando un espectrofotómetro. Esta luminosidad también se puede denominar "luminosidad del objeto" o "luminosidad de referencia".

El objetivo de la corrección de luminosidad puede ser deducir la luminosidad real del objeto a partir de la luminosidad aparente grabada en la imagen. La luminosidad aparente puede variar espacialmente, principalmente debido a condiciones de iluminación heterogéneas. Por tanto, típicamente, la corrección de la luminosidad no se puede realizar para la imagen en su conjunto, sino que se debe calcular localmente.

La respuesta de los valores de color, tales como los valores RGB, en una imagen grabada con la cámara de un dispositivo móvil, tal como la cámara de un teléfono inteligente, a las variaciones de la intensidad de la iluminación en el sensor de la cámara típicamente viene dada por una curva de mapeo de tonos no lineal. En general, esta curva de mapeo de tonos depende del dispositivo y también puede variar dependiendo de la vista grabada. Típicamente, se debe determinar individualmente para cada imagen grabada.

En el procedimiento de acuerdo con la presente invención, la luminosidad aparente de la imagen en el área de la tarjeta de referencia se puede medir usando campos de referencia de gris, también denominados parches de color gris, que tienen diferentes valores de gris, que se pueden distribuir sobre la tarjeta de referencia de color. Cada campo de referencia de color se puede rodear por una pluralidad de campos de referencia de gris, tales como doce campos de gris, por ejemplo, para campos de referencia de gris en gris claro, cuatro campos de referencia de gris en gris medio y cuatro campos de referencia de gris en gris claro. De forma similar, se pueden asignar localmente una pluralidad de campos de referencia de gris al al menos un campo de prueba. Por tanto, como ejemplo, una posición de la tarjeta de referencia de color en la que el campo de prueba es visible se puede rodear por una pluralidad de campos de referencia de gris, tales como dieciocho campos de referencia de gris, por ejemplo, que tiene seis campos de referencia de gris para cada tono de gris. Se pueden usar tres valores de nivel de gris o tonos de gris diferentes, tales como un 20 %, 40 % y 60 %, para tener en cuenta las curvas de mapeo de tonos no lineales usadas por los diferentes tipos de dispositivos móviles, tales como los diferentes modelos de teléfonos inteligentes.

Para la corrección de intensidad, específicamente la corrección de intensidad usando la al menos una corrección de mapeo de tonos local, los valores se pueden derivar a partir de los campos de referencia de gris en condiciones estándar. Por tanto, como ejemplo, los valores RGB de referencia de los tres campos de gris en condiciones estándar se pueden medir con gran exactitud, tal como usando un espectrofotómetro, por ejemplo, un espectrofotómetro X-Rite Exact tal como el disponible de X-Rite GmbH, 82152 Planegg-Martinsried, Alemania u otro tipo de espectrofotómetro. Estos valores se pueden usar como referencia común para la corrección de luminosidad de los campos de referencia de color y el campo de prueba.

La luminosidad local aparente de la imagen grabada se puede determinar para todas las localizaciones del campo de referencia de color y para todas las localizaciones del campo de prueba, así como para los tres campos de referencia de gris, por ejemplo, calculando los valores RGB medidos promedio de los campos de referencia de gris más cercanos de los tonos de gris respectivos. Para los campos de referencia de color, en el ejemplo dado anteriormente, este cálculo puede incluir cuatro campos de referencia de gris para cada tono de gris, mientras que, para el campo de prueba, se pueden incluir seis campos por tono de gris. Al calcular el promedio, los valores de los campos de referencia de gris individuales se pueden ponderar con su distancia cuadrática recíproca, tal como de centro a centro, al campo de referencia de color o campo de prueba respectivo. Los valores se pueden calcular por separado para cada canal de color, tal como para los canales R, G y B por separado.

Como resultado, el procedimiento puede producir una aproximación de los valores RGB aparentes de los tres valores de gris de referencia en la fotografía grabada en las localizaciones centrales de todos los campos de color de referencia y los campos de prueba. Estos valores se pueden usar para calcular curvas de mapeo de tonos aproximadas para estas localizaciones como se describe en más detalle a continuación.

Más detalles se pueden referir al mapeo de tonos, específicamente, a un mapeo de tonos no lineal. Por tanto, al convertir valores de luminosidad relacionados con píxeles de un sensor de adquisición de imágenes en valores de luminosidad en un archivo de imagen, las cámaras de dispositivos móviles, tales como las cámaras de teléfonos inteligentes, usan típicamente una función de transferencia no lineal que comprime la dinámica de la luminosidad. Los motivos para la aplicación de dicha función de transferencia no lineal son numerosas. A menudo, se dan motivos estéticos. Todavía, también son importantes otros motivos, tales como la necesidad de compresión dinámica. Como se analiza anteriormente, la función de transferencia aplicada por el dispositivo móvil típicamente se denomina curva de mapeo de tonos. Establece una relación entre la luminosidad de un píxel medido en una escala lineal y el valor de luminosidad almacenado en un archivo de imagen para ese píxel. Una forma bien conocida de curva de mapeo de tonos, que también se puede usar para la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada en la etapa ii), es la corrección gamma definida por el espacio de color sRGB. Refleja la reproducción no lineal de la luminosidad de los monitores de tubo clásicos, que, a su vez, están orientados a la percepción no lineal de la luminosidad del ojo humano. Un efecto secundario deseable es la mejor

utilización de la dinámica de la luminosidad en un formato de datos de imagen con dinámica limitada, por ejemplo, el intervalo dinámico de 8 bits en el formato de imagen JPEG. Si se usara una curva de mapeo de tonos lineal en la etapa ii), la duplicación de la luminosidad del valor de luminosidad 1 a 2 se resolvería en una etapa, mientras que la duplicación de 128 a 255 se resolvería con 127 etapas. Dado que el ojo humano percibe la luminosidad en una escala logarítmica, ambas duplicaciones representan aproximadamente el mismo incremento en la luminosidad. Con la corrección gamma, se puede usar una curva de mapeo de tonos no lineal para garantizar que todos los duplicados de luminosidad se puedan resolver con aproximadamente el mismo número de etapas. Cabe destacar, sin embargo, que, adicionalmente o de forma alternativa, se pueden usar otras correcciones de mapeos de tonos medios basadas en píxeles predeterminadas para la etapa ii), específicamente para todos los píxeles de la imagen obtenida en la etapa i).

En el dispositivo móvil y/o en la cámara del mismo, los datos de luminosidad proporcionados por el sensor de imagen normalmente se convierten usando una curva de mapeo de tonos no lineal. Sin embargo, en la mayoría de los casos, estas curvas no se corresponden exactamente con la corrección gamma definida por el estándar s-RGB, pero su no linealidad, a menudo, va más allá de esta conformación de curva. El motivo de esto podría ser una mejor impresión subjetiva de la imagen. En principio, cada canal de color se calcula por separado con su propia curva de mapeo de tonos, pero, en la práctica, las curvas para los tres canales de color resultaron ser idénticas para todos los modelos de teléfonos inteligentes investigados. Por este motivo, a continuación, no se hace ninguna referencia explícita a canales de color individuales.

Si se va a realizar una medición cuantitativa de los colores y de la luminosidad del color con la cámara de un dispositivo móvil, entonces, típicamente una curva de mapeo de tonos no lineal plantea un problema, ya que existe una relación lineal entre la luminosidad del píxel almacenado en la imagen y, típicamente, se requiere el valor de luminosidad medido para propósitos de medición. Por lo tanto, en general, es posible que sea necesario reconstruir la luminosidad en una escala común lineal como se describirá a continuación.

En el contexto de la presente solicitud, se midieron las curvas de mapeo de tonos de diferentes modelos de teléfonos inteligentes tomando fotografías de una cuña gris de alta precisión y evaluando los valores de píxel en las imágenes. A continuación, se mostrarán ejemplos en la sección de modos de realización. Las curvas de mapeo de tonos resultaron ser fuertemente no lineales. La no linealidad de las curvas se aproximó usando una fórmula empírica $f(x)$:

- $f(x) = 0$ para $x \leq x_0$,
- $f(x) = 255$ para $x \geq x_1$, y
- $f(\tilde{x}) = 255 \left[(1 - \alpha) \cdot \tilde{x}^{\frac{1}{\beta}} + \alpha \cdot \frac{1}{\log(\beta+1)} \log(\beta\tilde{x} + 1) \right]$ y $\tilde{x} = \frac{x-x_0}{x_1-x_0}$ para $x_0 < x < x_1$

Los parámetros x_0 , x_1 , α , β y γ son parámetros de ajuste que se ajustan para aproximarse a las curvas de mapeo de tonos de los diferentes teléfonos inteligentes. La conformación exacta de la curva de mapeo de tonos depende típicamente del tipo de dispositivo móvil, tal como el modelo de teléfono inteligente y, posiblemente, de las condiciones de grabación de la imagen.

Por tanto, en la etapa ii), se puede aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada a la imagen obtenida en la etapa i), tal como una de las correcciones de mapeo de tonos descritas anteriormente. La corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada se puede determinar empíricamente, tal como midiendo correcciones de mapeo de tonos de una pluralidad de dispositivos móviles, de forma semiempírica o teórica. Por tanto, en base a la suposición de que muchas correcciones de mapeo de tonos hacen uso de la conocida función gamma, esta corrección de mapeo de tonos estándar se puede aplicar en la etapa ii). Todavía, como se mencionó anteriormente, se pueden usar otras correcciones de mapeo de tonos.

Para corregir la intensidad o la luminosidad de la imagen obtenida en la etapa i), idealmente, se debe aplicar a la imagen la inversa de la curva de mapeo de tonos que aplicó el dispositivo móvil para crear la imagen, invirtiéndolas de este modo si se presentan ocasiones introducidas por el dispositivo móvil. Por tanto, idealmente, la luminosidad de la imagen se puede corregir usando la inversa de la curva de mapeo de tonos exacta que se ha usado para crear la imagen. En la práctica, sin embargo, esto no es factible en general, dada la enorme variedad de dispositivos móviles en el mercado y la variedad resultante de curvas de mapeo de tonos.

Por tanto, como se divulga anteriormente, la presente invención propone por lo tanto una corrección en dos etapas, que comprende las etapas de corrección ii) y iv). Por tanto, en la etapa ii), como se analiza anteriormente, en primer lugar, al menos una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada a la imagen obtenida en la etapa i), obteniendo de este modo al menos una primera imagen con corrección de intensidad. Esta corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada puede ser, como ejemplo, una corrección que usa la inversa de una curva de mapeo de tonos promedio. Como se analiza anteriormente, esta curva de mapeo de tonos promedio puede ser, como ejemplo, una curva de corrección gamma estándar o una curva de

mapeo de tonos promedio determinada empíricamente analizando el comportamiento de una pluralidad de dispositivos móviles. Esta curva de mapeo de tonos promedio usada en la etapa ii) específicamente puede ser independiente del tipo de dispositivo móvil. Este procedimiento puede corregir la mayor parte de la no linealidad, pero, típicamente, no puede compensar la diferencia en las curvas de mapeo de tonos usadas en diferentes dispositivos.

Esta primera etapa de corrección ii), como se analiza anteriormente, da como resultado al menos una primera imagen con corrección de intensidad. Se propone corregir además esta primera imagen con corrección de intensidad, tal como para compensar las diferencias individuales en las curvas de mapeo de tonos usadas en diferentes dispositivos. Esta etapa de corrección adicional se describe en la etapa iv).

Para corregir además la al menos una primera imagen con corrección de intensidad, la imagen resultante o la curva derivada de la misma se puede aproximar, como ejemplo, con una aproximación parabólica de los tres valores aparentes de campo gris, determinados como se describe anteriormente, con una función de sus valores de referencia. Por tanto, la no linealidad restante de esta relación se puede aproximar mediante el término cuadrático de la parábola. Los valores RGB de los campos de referencia de color y los campos de prueba se pueden llevar a una escala lineal común aplicando primero la curva de mapeo de tonos promedio inversa como una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada y aplicando posteriormente la inversa de la aproximación parabólica, como una corrección de mapeo de tonos local.

Como se explica anteriormente, en la etapa ii), se aplica al menos una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada a la imagen obtenida en la etapa i). Como ejemplo, se midieron las curvas de mapeo de tonos de diez teléfonos inteligentes diferentes. Se determinó el promedio de todas las curvas medidas. Aunque se descubrió que la conformación general de las curvas era más o menos la misma, diferentes modelos de teléfonos inteligentes mostraron diferentes curvas de mapeo de tonos.

Por tanto, para la primera etapa de corrección ii), se puede aplicar la inversa de la curva de mapeo de tonos promedio independiente del dispositivo a la imagen medida, tal como a los valores RGB de la imagen. Típicamente, la corrección elimina la mayor parte de la no linealidad, pero la diferencia entre los modelos de dispositivos móviles normalmente permanece. Esta no linealidad restante se puede aproximar, tal como mediante un ajuste parabólico de los valores RGB medidos de los tres valores de campo gris. Por tanto, como ejemplo, para cada canal de color y cada campo de referencia de color o campo de prueba, los tres valores se pueden corregir en primer lugar usando la curva promedio, a continuación, la relación entre los valores medidos y los valores de referencia tabulados se puede aproximar mediante una parábola.

En general, la calidad de la aproximación de las curvas de mapeo de tonos, se puede evaluar comparando el resultado de un cálculo directo de las etapas de aproximación y corrección con la curva de mapeo de tonos medida original. De este modo, el resultado de la corrección de intensidad se puede comprobar en general de una forma bastante sencilla.

Se pueden hacer comentarios adicionales sobre el balance de blancos en el contexto de la presente invención. El término "balance de blancos" se refiere en general al ajuste de los canales de colores primarios de modo que los colores neutros, tales como el blanco y el gris, parezcan neutros en la imagen. El balance de blancos se puede incluir implícitamente en el procedimiento de acuerdo con la presente invención. Por tanto, cada canal de color primario se puede linealizar de modo que reproduzca los valores de referencia para los tres tonos de gris de los campos de referencia de gris. Dado que los valores RGB de referencia de estos campos son en general neutros, tales como el gris, los valores RGB linealizados de estos campos de referencia de gris típicamente también son neutros, lo que significa que son idénticos a los valores de referencia. Por tanto, la linealización incluye un "balance de blancos" calibrado en tres colores neutros diferentes.

El procedimiento de acuerdo con la presente invención comprende la corrección de mapeo de tonos en dos etapas, que incluye la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada y la corrección de mapeo de tonos local. General y típicamente, como información básica en la producción de tarjetas de referencia de color, se deberán definir valores colorimétricos y/o fotométricos precisos para todos los campos de referencia de color y campos de referencia de gris, por ejemplo, como valores medios y/o medianos. Para la corrección de intensidad en dos etapas, la primera etapa, específicamente antes de realizar cualquier corrección de color, típicamente es realizar una corrección de intensidad para la imagen grabada. Esencialmente, la corrección de intensidad típicamente se puede considerar como un proceso de dos etapas centrado en la llamada corrección de mapeo de tonos. En la primera etapa de corrección ii), como se expone anteriormente, que incluye la corrección predeterminada de mapeo de tonos medios basada en píxeles, se puede realizar una corrección global genérica y típicamente independiente del dispositivo móvil e independiente del teléfono inteligente, sobre una base de píxeles, tal como contabilizando la "curva de mapeo de tonos" promedio aplicada por dispositivos móviles promedio. En una segunda etapa de corrección iv), como también se explica anteriormente, que incluye la corrección de mapeo de tonos local, se puede aplicar una corrección de mapeo de tonos local basada en histogramas específicos del dispositivo móvil o basada en valores estadísticos u otro tipo de corrección de mapeo de tonos local. Como ejemplo, la corrección de mapeo de tonos local podría ser también específica del canal de color. Esta corrección de

mapeo de tonos local puede no solo incluir el efecto de mapeo de tonos del dispositivo móvil individual sino también incluir la intensidad local. Para este propósito, se pueden usar los campos de referencia de gris.

5 Como se explica anteriormente, en el procedimiento, una "luminosidad real del objeto" o una "intensidad real del objeto", tal como se mide en producción, se puede deducir a partir de la luminosidad aparente, tal como se registra en el campo. En el procedimiento, en primer lugar, se puede grabar al menos una imagen de la tarjeta de referencia. Como etapa opcional, la imagen grabada se puede recortar además, por ejemplo, la extensión de la región interior, tal como usando uno o más marcadores posicionales, por ejemplo, usando códigos ArUco.

10 El procedimiento comprende aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada a la imagen en la etapa ii). Esta corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada puede ser una primera etapa de corrección de intensidad basada en píxeles usando una curva de mapeo de tonos medios.

15 Además, el procedimiento puede comprender, por ejemplo, en la etapa iii), identificar los campos de referencia de color y/o los campos de referencia de gris. Esta identificación puede comprender determinar la posición geométrica y/o la posición de píxeles de los campos de referencia de color y/o los campos de referencia de gris, específicamente de todos los campos de referencia de color y/o los campos de referencia de gris.

20 Además, como se explica anteriormente, se puede realizar al menos una modificación estadística de la primera imagen con corrección de intensidad. Específicamente, la modificación estadística puede comprender la creación de histogramas para los campos de referencia de gris, los campos de referencia de color y el campo de prueba visible en la primera imagen con corrección de intensidad. Como ejemplo, se pueden crear histogramas y se pueden derivar otros valores estadísticos para todos los canales de color, por ejemplo, R, G y B.

25 En otra etapa del procedimiento, la etapa iii), a partir de la primera imagen con corrección de intensidad, se puede derivar información de luminosidad local para al menos algunos de los campos de referencia de color y para el campo de prueba, usando los campos de referencia de gris asignados localmente a los campos de referencia de color y al campo de prueba, respectivamente. Específicamente, se puede determinar la luminosidad de imagen local aparente para todos los campos de referencia de color y la localización del campo de prueba, tal como calculando los valores RGB promedio de los campos de referencia de gris más cercanos.

30 Además, se realiza la segunda etapa, la etapa iv), de la corrección de intensidad. Como se explica anteriormente, esta segunda etapa de corrección comprende específicamente aplicar al menos una corrección del mapeo de tonos local a la primera imagen con corrección de intensidad, teniendo en cuenta la corrección del mapeo de tonos local la información de luminosidad local, obteniendo de este modo al menos una segunda imagen con corrección de intensidad. Por tanto, específicamente, se puede llevar a cabo una corrección de mapeo de tonos específica del dispositivo móvil.

40 Como se explica en mayor detalle anteriormente, además de la corrección de intensidad en dos etapas, se puede aplicar al menos una corrección de color a la imagen, específicamente posteriormente a la corrección de intensidad, es decir, a la segunda imagen con corrección de intensidad. Por tanto, en general, la corrección puede comprender derivar, usando al menos algunos de los campos de referencia de color en la segunda imagen con corrección de intensidad, al menos una corrección de color (etapa vi)) y, además, aplicar la corrección de color a la segunda imagen con corrección de intensidad, obteniendo de este modo al menos una imagen con corrección de intensidad y con corrección de color (etapa vii)). En esta corrección de color, en general, el color real del objeto, tal como se mide en producción, se puede deducir del color aparente, tal como se registra en el campo. En general, la corrección de color se puede basar en la segunda imagen con corrección de intensidad, específicamente la imagen linealizada y con corrección de intensidad. Los campos de referencia de color se pueden representar como medios RGB, por ejemplo, ignorando los campos de referencia de gris. En la etapa vi), específicamente, se puede seleccionar un subconjunto, por ejemplo, de todos los campos de referencia de color. La selección del al menos un campo de referencia de color, como ejemplo, se puede basar en uno o más de

55 - una mejor coincidencia, tal como en el recuento sin procesar de uno o más valores de color, tal como el recuento de R, con el campo de prueba, o

- una validación cruzada, tal como ajustando una corrección de color, por ejemplo, una matriz de corrección de color (CCM), con todos los campos de referencia de color menos uno y determinando aquellos con el rendimiento más bajo cuando se corrigen.

60 Pueden ser posibles otras opciones para una selección.

65 La corrección de color, en la etapa vi), se puede derivar usando al menos algunos de los campos de referencia de color en la imagen con corrección de intensidad, por ejemplo, los campos de referencia de color de la selección descrita anteriormente. Como ejemplo, se puede derivar una matriz de corrección de color ajustando el subconjunto de campos de referencia de color.

Después de derivar la corrección de color, tal como la matriz de corrección de color, se puede realizar una comprobación de calidad del resultado, es decir, una comprobación de calidad de la corrección de color. Como ejemplo, se puede derivar un residuo de ajuste de una matriz de corrección de color y, opcionalmente, se puede realizar una segunda validación cruzada con el conjunto de campos de referencia de color usados. De este modo, se puede determinar la calidad del resultado de la etapa vi).

Además, en la etapa vii), como se analiza anteriormente, se aplica la corrección de color a la segunda imagen con corrección de intensidad, obteniendo de este modo al menos una imagen con corrección de intensidad y con corrección de color. Por tanto, como ejemplo, al menos una información de color derivada del campo de prueba se puede transformar usando la corrección de color. Específicamente, se puede obtener un color de campo de prueba corregido, tal como un valor RGB medio, usando la corrección de color, específicamente la CCM. La imagen con corrección de intensidad y con corrección de color se puede usar a continuación para determinar la concentración de analito. Por tanto, como ejemplo, el color de campo de prueba corregido se puede usar para determinar la concentración del al menos un analito en el líquido corporal.

Como se explica anteriormente, el procedimiento de acuerdo con la presente invención también puede comprender opcionalmente derivar al menos una corrección de color en la etapa vi) y aplicar la corrección de color a la segunda imagen con corrección de intensidad, obteniendo de este modo al menos una imagen con corrección de intensidad y con corrección de color, en la etapa vii). Por tanto, la presente invención también puede proporcionar medios para una corrección de color, específicamente usando una matriz de corrección de color.

El procedimiento puede comprender corregir los colores medidos de un dispositivo de formación de imágenes usando una matriz lineal, tal como la matriz de corrección de color, y/u optimizar los colores medidos. Por tanto, como se explica anteriormente, la corrección de color puede comprender específicamente una matriz de corrección de color. Se puede capturar una imagen de al menos una referencia de color, tal como la tarjeta de referencia de color, en la que la referencia de color puede comprender objetos con valores de color conocidos, tales como los campos de referencia de color. La matriz de corrección de color se puede determinar, por ejemplo, mediante un enfoque de optimización lineal, de modo que los valores de color medidos se puedan transformar en los valores de color conocidos correspondientes.

La matriz de corrección de color puede transformar los valores de color RGB medidos R_{Medido} , G_{Medido} , B_{Medido} en los valores de referencia de color conocidos correspondientes R_{Real} , G_{Real} , B_{Real} :

$$\begin{pmatrix} R_{Real} \\ G_{Real} \\ B_{Real} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} CCM_{11} & CCM_{12} & CCM_{13} \\ CCM_{21} & CCM_{22} & CCM_{23} \\ CCM_{31} & CCM_{32} & CCM_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_{Medido} \\ G_{Medido} \\ B_{Medido} \end{pmatrix}.$$

La matriz de corrección de color se puede determinar de modo que la transformación de los valores de color medidos mediante la matriz de corrección de color pueda conservar los valores de gris. En términos matemáticos, el vector $\vec{e} = (1, 1, 1)$ puede ser un vector propio de la matriz de corrección de color. Además, la matriz de corrección de color se puede determinar usando al menos dos campos de referencia de color:

$$\begin{pmatrix} C & 0 & 0 \\ 0 & C & 0 \\ 0 & 0 & C \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \vec{r}_{sRGB1} \\ \vec{r}_{sRGB2} \\ \vec{e} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \vec{r}_{Ref1} \\ \vec{r}_{Ref2} \\ \vec{e} \end{pmatrix}, \text{ en los que } \mathbf{0} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ y } \vec{e} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix},$$

en los que C indica la matriz de corrección de color, \vec{r}_{sRGB1} y \vec{r}_{sRGB2} indican valores de color medidos y \vec{r}_{Ref1} y \vec{r}_{Ref2} indican los valores de referencia de color conocidos de los campos de referencia de color. La matriz de corrección de color también se puede derivar usando una pluralidad de campos de referencia de color, específicamente más de dos campos de referencia de color, por ejemplo, tres o, incluso, más campos de referencia de color. Por tanto, la matriz de corrección de color se puede determinar ajustando la ecuación mencionada anteriormente usando la pluralidad de campos de referencia de color. La conservación de los valores de gris mediante la corrección de color se puede implementar además como una limitación adicional al procedimiento de ajuste. Como ejemplo, la tarjeta de referencia de color comprende la pluralidad de campos de referencia de color, en la que el número de campos de referencia de color puede exceder el número de campos de referencia de color que son necesarios para derivar la matriz de corrección de color. Por tanto, la matriz de corrección de color se puede determinar usando un análisis de regresión.

Además, la corrección de color se puede derivar usando una selección de campos de referencia de color, como se explicará en más detalle a continuación. Seleccionando campos de referencia de color para derivar la matriz de corrección de color, específicamente seleccionando campos de referencia de color en un entorno del color del campo de prueba, se puede potenciar la exactitud de la corrección de color.

Por tanto, la corrección de color puede proporcionar medios para potenciar la exactitud y la fiabilidad del

procedimiento, específicamente para determinar un cambio de color de la reacción de formación de color del campo de prueba. La corrección de color puede comprender específicamente al menos una selección de campos de referencia de color, descritos en más detalle a continuación.

5 La corrección de color estándar suele tener en cuenta todo el espacio de color. Por lo tanto, la referencia de color puede comprender campos de referencia de color que tienen colores distribuidos en todo el espacio de color.

10 La selección de campos de referencia de color puede comprender seleccionar campos de referencia de color en un subespacio predeterminado del espacio de color. El subespacio predeterminado puede comprender colores que pueden estar presentes en la reacción de formación de color del campo de prueba. Por tanto, la selección de campos de referencia de color puede comprender seleccionar campos de referencia de color que tengan un color similar a la reacción de formación de color del campo de prueba. La selección de campos de referencia de color puede mejorar la corrección de color en el subespacio predeterminado, específicamente sin tener en cuenta los colores fuera del subespacio predeterminado.

15 Como otro ejemplo, adicionalmente o de forma alternativa, la selección de los campos de referencia de color puede comprender seleccionar campos de referencia de color de modo que los colores de los campos de referencia de color seleccionados puedan tener una distancia predeterminada entre sí y que comprendan el color del campo de prueba. Por tanto, esta selección de campos de referencia de color puede dar lugar a que la corrección de color sea válida en un subespacio de color más amplio y, por tanto, puede proporcionar resultados más sólidos.

20 Adicionalmente o de forma alternativa, la selección de los campos de referencia de color puede comprender además ponderar los campos de referencia de color de forma diferente. Como ejemplo, a los campos de referencia de color que tienen un color comprendido en el subespacio de color predeterminado se les puede dar un peso mayor que a los campos de referencia de color que tienen un color fuera del subespacio de color. Por tanto, se puede mejorar la exactitud de la corrección de color en esta parte del subespacio de color, manteniendo al mismo tiempo un nivel adecuado de exactitud de la corrección de color fuera del subespacio de color.

25 Como ejemplo, la selección de campos de referencia de color se puede basar en seleccionar dinámicamente campos de referencia de color en un entorno del color del campo de prueba en el espacio de color. En general, en la tarjeta de referencia de color, pueden estar presentes campos de referencia de color que tienen un valor de color en el subespacio de color de la reacción de formación de color. En este caso, se pueden seleccionar los campos de referencia de color que sean necesarios para abarcar un subespacio de color que incluya el color respectivo del color del campo de prueba. El subespacio de color respectivo puede ser más pequeño que el subespacio de color predeterminado y, por tanto, la corrección de color puede ser más precisa. Por ejemplo, se puede seleccionar una pluralidad de campos de referencia de color, tales como cuatro o más campos de referencia de color, de modo que la selección de campos de referencia de color pueda abarcar un tetraedro en el espacio de color que incluye el color del campo de prueba.

30 Adicionalmente o de forma alternativa, la selección de los campos de referencia de color puede comprender ponderar los campos de referencia de color. Específicamente, se pueden ponderar los campos de referencia de color dando específicamente a los campos de referencia de color que tienen un color cercano al color del campo de prueba un peso mayor que a los campos de referencia de color que están más alejados del color del campo de prueba en el espacio de color. Por tanto, la corrección de color se puede optimizar para un subespacio de color correspondiente al color del campo de prueba. Por ejemplo, la ponderación de los campos de referencia de color puede comprender un factor de ponderación que tenga en cuenta la distancia del valor de color del campo de referencia de color al valor de color del campo de prueba. Por tanto, el campo de referencia de color se puede ponderar mediante una inversa de la distancia euclidiana en el espacio de color entre el campo de referencia de color y el campo de prueba.

35 40 Adicionalmente o de forma alternativa, la selección de los campos de referencia de color se puede basar en la exactitud de una corrección de color de uno o más campos de color de prueba que tienen valores de color conocidos. El campo de color de prueba puede ser un campo de color adicional y/o uno de los campos de referencia de color con valores de color de referencia conocidos. El campo de color de prueba se puede seleccionar de modo que el color del campo de color de prueba pueda estar cerca del color del campo de prueba de reactivo. La corrección de color se puede derivar usando los campos de referencia de color restantes. La exactitud de la matriz de corrección de color se puede determinar transformando el campo de color de prueba seleccionado y, además, comparando el valor de color transformado con el valor de color de referencia conocido respectivo. La exactitud de la corrección de color del campo de color de prueba se puede usar para optimizar la selección de campos de referencia de color para determinar la matriz de corrección de color. Adicionalmente o de forma alternativa, el campo de color de prueba seleccionado se puede incluir para derivar la matriz de transformación de color. La exactitud de la matriz de corrección de color se puede determinar mediante la desviación del valor de color transformado del campo de color de prueba del valor de color de referencia conocido respectivo. Además, se puede usar una desviación de dos campos de color de prueba que tienen colores similares de los valores de color conocidos respectivos como una corrección de segundo orden para determinar el color del campo de prueba de reactivo.

La selección de campos de referencia de color para la corrección de color puede comprender además una selección dinámica de campos de referencia de color. Por tanto, la selección se puede adaptar al color de la reacción de formación de color del campo de prueba.

5 Además, la selección de los campos de referencia de color también se puede basar en la selección de campos de referencia de color de acuerdo con la exactitud de la corrección de color. Específicamente, la precisión se puede determinar mediante validación cruzada de campos de referencia de color. Por ejemplo, la validación cruzada puede comprender excluir al menos un campo de referencia de color de la determinación de la corrección de color. Por tanto, la matriz de corrección de color se puede determinar con los campos de referencia de color restantes. La validación cruzada puede comprender además comprobar la exactitud de la matriz de corrección de color transformando el campo de referencia de color excluido. Adicionalmente o de forma alternativa, la validación cruzada también puede comprender excluir dos o más campos de referencia de color.

15 En general, se pueden seleccionar campos de referencia de color que tienen un color cercano al color del campo de prueba de reactivo. Por tanto, mediante la validación cruzada de los campos de referencia de color, se pueden evitar efectos de sobreajuste para la corrección de color. Además, los campos de referencia de color excluidos de la corrección de color pueden participar en la determinación de la matriz de corrección de color después de haber optimizado la selección de los campos de referencia de color para la corrección de color.

20 Además, la etapa vi) puede comprender adicionalmente corregir los valores de gris de la imagen. La corrección de valores de gris puede comprender específicamente al menos un factor de corrección, en la que el al menos un factor de corrección se puede determinar de modo que los valores de color RGB de los valores de gris sean iguales entre sí. Específicamente, la corrección de valores de gris puede comprender al menos un factor de corrección para cada valor de color RGB. A continuación, se puede aplicar el al menos un factor de corrección a los valores de color de la segunda imagen con corrección de intensidad, específicamente antes de derivar la matriz de corrección de color.

Breve descripción de las figuras

30 Otros rasgos característicos y modos de realización opcionales se divulgarán con más detalle en la posterior descripción de los modos de realización, preferentemente junto con las reivindicaciones dependientes. En este caso, dentro del alcance de la invención definido por las reivindicaciones adjuntas, los rasgos característicos opcionales respectivos se pueden realizar en cualquier combinación arbitraria factible, como comprenderá el experto en la técnica. El alcance de la invención no está restringido por los modos de realización preferentes. El alcance de la invención se limita y se define por las reivindicaciones adjuntas. Los modos de realización se representan esquemáticamente en las figuras. En las mismas, los números de referencia idénticos en estas figuras se refieren a elementos idénticos o funcionalmente comparables.

En las figuras:

40 La figura 1 muestra un modo de realización de un kit para determinar la concentración de al menos un analito en una muestra de un líquido corporal;

45 la figura 2 muestra un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento para determinar la concentración de al menos un analito en una muestra de un líquido corporal;

la figura 3 muestra un modo de realización de una tarjeta de referencia de color;

50 la figura 4 muestra un ejemplo de una corrección de mapeo de tonos típica de un dispositivo móvil;

las figuras 5a y 5b muestran una pluralidad de correcciones de mapeo de tonos para diferentes tipos de dispositivos móviles antes (5a) y después (5b) de aplicar una corrección de mapa de tonos medios;

55 las figuras 6a y 6b muestran una aproximación parabólica de una corrección de mapeo de tonos medios local para diferentes tipos de dispositivos móviles;

las figuras 7a a c muestran un subespacio de una reacción de formación de color en un diagrama de color;

60 la figura 8 muestra un modo de realización de una curva de mapeo de tonos no lineal; y

las figuras 9a y 9b muestran modos de realización de una reconstrucción de la corrección de mapeo de tonos de un dispositivo móvil.

Descripción detallada de los modos de realización

65 En la figura 1, se muestra un modo de realización ejemplar de un kit 110 para determinar la concentración de al

menos un analito en una muestra de un líquido corporal en una vista en perspectiva. El kit 110 comprende el dispositivo móvil 112 y al menos una tira reactiva óptica 114 que tiene al menos un campo de prueba de reactivo 116. El kit comprende además al menos una tarjeta de referencia de color 118.

5 El dispositivo móvil 112 tiene al menos una cámara 120 y se configura para realizar el procedimiento para determinar la concentración de al menos un analito en una muestra de un líquido corporal. Un modo de realización ejemplar del procedimiento se muestra en la figura 2, y se describirá en mayor detalle a continuación. Además, el dispositivo móvil 112 puede comprender al menos un procesador 122. Específicamente, el procesador 122 se puede configurar para realizar y/o respaldar uno o más o, incluso, todas las etapas del procedimiento i), ii), iii), iv),
10 v) y, opcionalmente, vi) y vii). El dispositivo móvil 112 puede comprender además al menos una fuente de luz 124. Por tanto, el dispositivo móvil 112 se puede configurar para iluminar la tarjeta de referencia de color 118 y el campo de prueba 116 durante la captura de una imagen en la etapa i) del procedimiento.

15 La tarjeta de referencia de color 118 comprende una pluralidad de campos de referencia de gris 126 diferentes asignados localmente al campo de prueba 116. La tarjeta de referencia de color 118 comprende además una pluralidad de campos de referencia de color 128 diferentes que tienen valores de color de referencia conocidos y una pluralidad de campos de referencia de gris 126 diferentes asignados localmente a los campos de referencia de color 128. En la figura 3, se muestra una vista más detallada de la tarjeta de referencia de color 118 y se describirá en más detalle a continuación. Por tanto, se puede hacer referencia a la descripción de la figura 3. Además, la tarjeta de referencia de color 118 puede contener al menos un elemento de posicionamiento 130 para situar la tira reactiva óptica 114 y/o el campo de prueba 116. Como ejemplo, el elemento de posicionamiento 130 puede ser o puede comprender al menos un elemento de ventana 132 a través del cual el campo de prueba 116 puede ser visible cuando la tira reactiva óptica 114 se coloca detrás de la tarjeta de referencia de color 118. Específicamente, el elemento de ventana puede ser una porción recortada de la tarjeta de referencia de color 118. Además, el elemento de posicionamiento 130 se puede configurar para mantener la tira reactiva óptica 114 y/o el campo de prueba de reactivo 116 en una posición definida con respecto a la tarjeta de referencia de color 118. La tarjeta de referencia de color 118 puede comprender además al menos un marcador de posición 134. El marcador de posición 134 puede ser o puede comprender al menos un marcador de código ArUco y se puede, por ejemplo, disponer en al menos una esquina de la tarjeta de referencia 118.
20
25
30

En la figura 2, se muestra un diagrama de flujo de un modo de realización ejemplar de un procedimiento para determinar la concentración de al menos un analito en una muestra de un líquido corporal. El procedimiento comprende usar un dispositivo móvil 112 que tiene al menos una cámara 120. Además, el procedimiento comprende las siguientes etapas, que se pueden realizar específicamente en el orden dado. Todavía, también puede ser posible un orden diferente. Puede ser posible realizar dos o más de las etapas del procedimiento total o parcialmente de forma simultánea. Además, puede ser posible realizar una, más de una o incluso todas las etapas de procedimiento una vez o repetidamente. El procedimiento puede comprender etapas de procedimiento adicionales que no se enumeran.
35
40

El procedimiento comprende:

i) (indicado con el número de referencia 136) capturar, usando la cámara 120, al menos una imagen de al menos una parte de la tarjeta de referencia de color 118 y de al menos una parte del al menos un campo de prueba de reactivo 116 de la al menos una tira reactiva óptica 114 que tiene la muestra aplicada a la misma,
45

- en el que, en la imagen, el campo de prueba 116 está en una posición definida con respecto a la tarjeta de referencia de color 118,

- en el que la tarjeta de referencia de color 118 comprende una pluralidad de campos de referencia de gris 126 diferentes asignados localmente al campo de prueba 116, y
50

- en el que la tarjeta de referencia de color 118 comprende una pluralidad de campos de referencia de color 128 diferentes que tienen valores de color de referencia conocidos y una pluralidad de campos de referencia de gris 126 diferentes asignados localmente a los campos de referencia de color 128,
55

ii) (indicado con el número de referencia 138) aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada a la imagen obtenida en la etapa i), obteniendo de este modo al menos una primera imagen con corrección de intensidad;

iii) (indicado con el número de referencia 140) derivar, a partir de la primera imagen con corrección de intensidad, información de luminosidad local para al menos algunos de los campos de referencia de color 128 y para el campo de prueba 116, usando los campos de referencia de gris 126 asignados localmente a los campos de referencia de color 128 y al campo de prueba 116, respectivamente;
60

iv) (indicado con el número de referencia 142) aplicar al menos una corrección del mapeo de tonos local a la primera imagen con corrección de intensidad, teniendo en cuenta la corrección del mapeo de tonos local la
65

información de luminosidad local, obteniendo de este modo al menos una segunda imagen con corrección de intensidad; y

5 v) (indicado con el número de referencia 144) determinar la concentración de analito en base a una reacción de formación de color del campo de prueba 116 usando la segunda imagen con corrección de intensidad.

10 En particular, la captura de la imagen en la etapa i) la puede iniciar el procesador 122 del dispositivo móvil 112. Por ejemplo, el procesador 122 se puede configurar para instar a un usuario del dispositivo móvil 112 a capturar la imagen de la tarjeta de referencia de color 118 y del campo de prueba 116. Adicionalmente o de forma alternativa, el procesador 122 se puede configurar para capturar automáticamente la imagen de la tarjeta de referencia de color 118 y del campo de prueba 116. Para este propósito, el procesador 122 se puede configurar para detectar la tarjeta de referencia de color 118 y el campo de prueba 116 en un campo visual y además para controlar la cámara 120 del dispositivo móvil 112 para capturar la imagen. Además, el procesador 122 se puede configurar para instar al usuario a aplicar la muestra del líquido corporal al campo de prueba 116 de la tira reactiva óptica 114. Específicamente, se puede instar al usuario a aplicar la muestra antes de capturar la imagen de la tarjeta de referencia de color 118 y el campo de prueba 116.

20 El elemento de posicionamiento 130, comprendido en la tarjeta de referencia de color 118, puede ser visible en la imagen capturada en la etapa i). El procesador 122 se puede configurar para recortar la imagen capturada en la etapa i) al tamaño de la tarjeta de referencia de color 118 para su procesamiento adicional. Por tanto, la etapa i) también puede comprender recortar la imagen capturada en un área seleccionada, específicamente en un área de interés. Por ejemplo, el área de interés se puede indicar mediante el elemento de posicionamiento 130 comprendido en la tarjeta de referencia de color 118.

25 En la etapa ii), la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada se puede aplicar a la imagen capturada en la etapa i), específicamente al área de interés de la imagen. La corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles puede comprender al menos una de: una corrección de mapeo de tonos medios derivada al combinar una pluralidad de correcciones de mapeo de tonos para diferentes tipos de dispositivos móviles 112; una inversa de una corrección gamma estándar. En la figura 5a, se muestra una función ejemplar de la corrección de mapeo de tonos medios derivada de la combinación de una pluralidad de correcciones de mapeo de tonos para diferentes tipos de dispositivos móviles 112 y se describirá en más detalle a continuación.

35 Además, el procesador 122 del dispositivo móvil 112 se puede configurar para recuperar información sobre la orientación de la tarjeta de referencia de color 118 desde el al menos un elemento de posicionamiento 130. El procesador 122 se puede configurar además para identificar los campos de referencia de color 128 comprendidos en la tarjeta de referencia de color 118 y para determinar los valores de color de los campos de referencia de color 128 identificados. Específicamente, los valores de color de los campos de referencia de color 128 se pueden determinar después de realizar la etapa ii), por ejemplo, después de la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles de la imagen capturada en la etapa i).

40 El procedimiento puede comprender además realizar al menos una modificación estadística de la primera imagen con corrección de intensidad. La modificación estadística se puede realizar específicamente antes de realizar la etapa iv). Como ejemplo, la modificación estadística puede comprender la creación de histogramas para el campo de referencia de gris 126, los campos de referencia de color 128 y el campo de prueba 116 visible en la primera imagen con corrección de intensidad. Además, para los campos de referencia de gris 126, los campos de referencia de color 128 y el campo de prueba 116, la información basada en píxeles se puede reemplazar por información representativa, específicamente por información promedio, para los campos de referencia de gris 126, los campos de referencia de color 128 y el campo de prueba 116, respectivamente. Por tanto, la información promedio para los campos de referencia de gris 126, los campos de referencia de color 128 y el campo de prueba 116 se puede obtener realizando la al menos una modificación estadística de la primera imagen con corrección de intensidad.

55 En la etapa iii), la información de luminosidad local de la primera imagen con corrección de intensidad para al menos algunos de los campos de referencia de color 128 y para el campo de prueba 116 se derivan usando los campos de referencia de gris 126 asignados localmente a los campos de referencia de color 128 y al campo de prueba 116, respectivamente. La tarjeta de referencia de color 118 que comprende los campos de referencia de gris 126 asignados localmente a los campos de referencia de color 128 y al campo de prueba 116 se muestra en la figura 3 en una vista detallada y, por tanto, se puede hacer referencia a la descripción de la figura 3.

60 La etapa iv) comprende aplicar una corrección de mapeo de tonos local a la primera imagen con corrección de intensidad, en la que la corrección de mapeo de tonos local puede ser específicamente una corrección de mapeo de tonos individual específica del dispositivo móvil. Como ejemplo, la corrección de mapeo de tonos local puede comprender una relación matemática representada por una aproximación parabólica. En las figuras 6a y 6b, se muestran aproximaciones parabólicas ejemplares. Por lo tanto, se puede hacer referencia a la descripción de las figuras 6a y 6b. Aplicando la corrección de mapeo de tonos local a la primera imagen con corrección de intensidad, se puede obtener la segunda imagen con corrección de intensidad.

Además, usando la segunda imagen con corrección de intensidad, la etapa v) comprende determinar la concentración de analito en base a la reacción de formación de color del campo de prueba 116. La determinación de la concentración de analito puede comprender específicamente relacionar un valor de color del campo de prueba 116 con la concentración de analito. Específicamente, el valor de color del campo de prueba 116 puede depender de la concentración de analito de la muestra de líquido corporal y, por tanto, de la reacción de formación de color del campo de prueba 116 al que se le aplica la muestra de líquido corporal.

El procedimiento puede comprender además:

vi) (indicado con el número de referencia 146) derivar, usando al menos algunos de los campos de referencia de color 128 en la segunda imagen con corrección de intensidad, al menos una corrección de color; y

vii) (indicado con el número de referencia 148) aplicar la corrección de color a la segunda imagen con corrección de intensidad, obteniendo de este modo al menos una imagen con corrección de intensidad y con corrección de color.

Específicamente, las etapas del procedimiento vi) y vii) se pueden realizar opcionalmente después de la etapa iv) del procedimiento y antes de la etapa v) del procedimiento. En particular, la corrección de color puede ser o comprender al menos una matriz de corrección de color. Por tanto, en la etapa vii), la corrección de color se puede aplicar aplicando la matriz de corrección de color a los vectores de coordenadas de color de la imagen. La corrección de color se puede derivar además usando una selección de los campos de referencia de color 128. La selección de los campos de referencia de color 128 se describirá en más detalle en las figuras 7a a 7c. Por lo tanto, se puede hacer referencia a la descripción de las figuras 7a a 7c. Como ejemplo, la etapa v) puede comprender determinar la concentración de analito en base a la reacción de formación de color del campo de prueba 116 usando la segunda imagen con corrección de intensidad y con corrección de color obtenida en la etapa vii).

El procedimiento puede comprender además, antes de la etapa vi), un balance de blancos local de al menos algunos de los campos de referencia de color 128 y del al menos un campo de prueba 116. A continuación, en aras de la simplicidad, se describirá el procedimiento del balance de blancos local para los campos de referencia de color 128. Cabe destacar, sin embargo, que el balance de blancos local se puede realizar de forma similar para el al menos un campo de prueba 116.

Específicamente, el balance de blancos local se puede aplicar al menos a la selección de campos de referencia de color 128 usados para la corrección de color en la etapa vi). El balance de blancos local puede comprender, para los campos de referencia de color 128 sometidos al balance de blancos, usar los campos de referencia de gris 126 asignados localmente a los campos de referencia de color 128 respectivos. Las coordenadas de color medidas de los campos de referencia de gris 126 y/o un promedio de las coordenadas de color medidas de campos de referencia de gris 126 redundantes asignados localmente a los campos de referencia de color 128 respectivos se pueden usar para el balance de blancos local. Se puede derivar una corrección local comparando las coordenadas de color medidas de los campos de referencia de gris 126 y/o el promedio de las coordenadas de color medidas de los campos de referencia de gris 126 redundantes con las coordenadas de color conocidas de los campos de referencia de color 128. La corrección local respectiva se puede aplicar a las coordenadas de color medidas del campo de referencia de color 128 respectivo. Como se explica anteriormente, el balance de blancos también se puede aplicar al campo de prueba 116 usando los campos de referencia de gris asignados localmente al campo de prueba 116.

La segunda imagen con corrección de intensidad se puede reemplazar por una segunda imagen con corrección de intensidad y balance de blancos local. La corrección de color en la etapa vi) se puede realizar usando la segunda imagen con corrección de intensidad y con balance de blancos local. Para determinar la concentración de analito en base a la reacción de formación de color del campo de prueba 116, se puede usar la segunda imagen con balance de blancos local con corrección de intensidad y con corrección de color. El balance de blancos local puede tener en cuenta específicamente y puede corregir condiciones de iluminación heterogéneas, por ejemplo, provocadas por diferentes fuentes de luz que tienen diferentes colores de luz, tales como la luz ambiente que interfiere con una fuente de luz del dispositivo móvil 112.

En la figura 3, se muestra un modo de realización ejemplar de la tarjeta de referencia de color 118. La tarjeta de referencia de color comprende una pluralidad de campos de referencia de gris 126 asignados localmente al campo de prueba 116. La tarjeta de referencia de color 118 comprende además una pluralidad de campos de referencia de color 128 que tienen valores de color de referencia conocidos y una pluralidad de campos de referencia de gris 126 asignados localmente a los campos de referencia de color 128. Los campos de referencia de color 128 se pueden distribuir específicamente localmente sobre la tarjeta de referencia de color 118. Además, al menos dos de los campos de referencia de color 128 pueden tener diferentes valores de color de referencia.

Como se explica anteriormente, la tarjeta de referencia de color 118 comprende una pluralidad de campos de referencia de color 128 que tienen valores de color de referencia conocidos. Los valores de referencia de color

5 conocidos de los campos de referencia de color 128 se pueden seleccionar de modo que los valores de color puedan ser linealmente independientes entre sí y de modo que los valores de color puedan no estar comprendidos en una línea y/o plano común en el espacio de color. Típicamente, los valores de color se pueden generar midiendo los valores de color de la reacción de formación de color del campo de prueba 116 que tiene una concentración
 10 definida de glucosa aplicada al mismo. Por tanto, los valores de color respectivos se pueden encontrar en una curva de reacción en el espacio de color. En el espacio de color xyz, la curva de reacción se puede describir aproximadamente mediante dos secciones de línea recta. Por tanto, los valores de color de la reacción de formación de color no pueden abarcar un volumen tridimensional en el espacio de color, sino que se encuentran en una línea y/o plano común. Por lo tanto, además de los valores de color de la reacción de formación de color, los
 15 valores de referencia de color conocidos pueden comprender además valores de color de modo que los valores de referencia de color conocidos incluyan el volumen relevante en el espacio de color.

Por ejemplo, la tarjeta de referencia de color 118 puede comprender la pluralidad de campos de referencia de color
 20 128 que tienen al menos quince valores de referencia de color conocidos diferentes. Los valores de referencia de color conocidos se pueden determinar midiendo los valores de color de la reacción de formación de color del campo de prueba de reactivo 116 que tiene una muestra de un líquido corporal con una concentración conocida de glucosa aplicada al mismo. Adicionalmente, los valores de color de referencia conocidos pueden comprender valores de color generados correspondientes a un punto de esquina del subespacio de color de la reacción de
 25 formación de color. Por tanto, la pluralidad de campos de referencia de color 128 puede abarcar el volumen respectivo del espacio de color. Los valores de color de los campos de referencia de color 128 se pueden seleccionar de acuerdo con los valores de color de la reacción de formación de color y, por tanto, pueden no distribuirse específicamente por todo el espacio de color.

Además, a cada campo de referencia de color 128, se le puede asignar localmente una pluralidad de campos de
 30 referencia de gris, de modo que el campo de referencia de color 128 y la pluralidad asignada de campos de referencia de gris puedan formar un grupo local 150, específicamente un grupo de referencia de color local 152. Como otro ejemplo, se puede asignar localmente una pluralidad de campos de referencia de gris 126 al campo de prueba 116 de modo que el campo de prueba 116 y la pluralidad de campos de referencia de gris 126 puedan formar el grupo local 150, específicamente un grupo de campos de prueba 154. Los grupos locales 150 se pueden
 35 localizar en diferentes localizaciones de la tarjeta de referencia de color 118.

Específicamente, el grupo local 150 puede comprender una pluralidad de campos de referencia de gris 126
 40 redundantes que tienen al menos tres niveles de gris diferentes. Además, se pueden proporcionar al menos dos campos de referencia de gris 126 redundantes que tienen el mismo nivel de gris para cada grupo local 150. Los campos de referencia de gris 126 redundantes se pueden disponer alrededor del campo de prueba 116 y/o del campo de referencia de color 128 de forma simétrica, específicamente, de forma simétrica rotacional y/o simétrica especular. Por tanto, la información de luminosidad local para el campo de prueba y/o los campos de referencia de color 128 obtenidos en la etapa iii) se puede determinar promediando los campos de referencia de gris 126
 45 redundantes que tienen el mismo nivel de gris. Específicamente, el promedio de los campos de referencia de gris 126 redundantes puede tener en cuenta la distancia del campo de referencia de gris 126 al campo de prueba 116 y/o al campo de referencia de color 128, más específicamente, ponderando los valores de color de los campos de referencia de gris 126 redundantes con sus distancia cuadrática recíproca al campo de prueba 116 y/o al campo de referencia de color 128, respectivamente.

Además, el grupo de campos de prueba 154 puede compartir al menos algunos de los campos de referencia de gris
 50 126 con al menos un grupo de referencia de color local 156 vecino. Al menos algunos de los campos de referencia de gris 126 también los pueden compartir grupos de campos de referencia de color locales 152 vecinos.

La figura 4 muestra un ejemplo de una corrección de mapeo de tonos típica de un dispositivo móvil 112. El gráfico
 55 de la corrección de mapeo de tonos se muestra en el diagrama, en el que, en el eje x, se muestra la intensidad de la luz entrante 158 y, en el eje y, el valor de color medido 160 para cada uno de los colores RGB. Se ha medido la corrección de mapeo de tonos del dispositivo móvil 112 (indicada con el número de referencia 161 para el canal de color rojo, con el número de referencia 162 para el canal de color verde y con el número de referencia 163 para el canal de color azul), representada en la figura 4 por círculos, y se ha ajustado una función empírica (indicada con el
 60 número de referencia 164 para el canal de color rojo, con el número de referencia 165 para el canal de color verde y con el número de referencia 167 para el canal de color azul) a los valores de color medidos, representados por líneas continuas en la figura 4. Como se puede observar en la figura 4, la corrección de mapeo de tonos puede ser similar para cada uno de los valores de color RGB.

En las figuras 5a, se muestra una pluralidad de correcciones de mapeo de tonos 166 para diferentes tipos de
 65 dispositivos móviles 112. La pluralidad de correcciones del mapeo de tonos 166 se muestra en un diagrama con la intensidad de luz entrante 158 representada en el eje x y el valor de color medido 160 en el eje y. Además, la pluralidad de correcciones de mapeo de tonos 166 para los diferentes tipos de dispositivos móviles 112 se pueden usar para derivar la corrección de mapeo de tonos medios aplicada a la imagen capturada en la etapa i) del procedimiento. Específicamente, la corrección de mapeo de tonos medios se puede derivar promediando la pluralidad de correcciones de mapeo de tonos 166 para los diferentes tipos de dispositivos móviles 112. El gráfico

de la corrección del mapeo de tonos medios 168 se muestra en el diagrama de la figura 5 en forma de círculos.

La pluralidad de correcciones de mapeo de tonos 170 resultantes de los diferentes dispositivos móviles 112 después de realizar la etapa ii), por ejemplo, después de aplicar la corrección de mapeo de tonos medios a la imagen capturada, se muestra en la figura 5b. Como se puede observar en la figura 5, puede permanecer una no linealidad para la mayoría de las correcciones de mapeo de tonos. La no linealidad restante se puede aproximar mediante una función parabólica ajustada y, por tanto, se puede usar en la etapa iv) del procedimiento, como se explicará en más detalle a continuación.

En las figuras 6a y 6b, se muestra un gráfico de una aproximación parabólica 172 de una corrección de mapeo de tonos medios local para diferentes tipos de dispositivos móviles 112. Específicamente, la figura 6a muestra la aproximación parabólica 172 mejor lograda, mientras que la figura 6b muestra la aproximación parabólica 172 peor lograda de la corrección de mapeo de tonos local. Como se muestra en las figuras 6a y 6b mediante círculos abiertos, las correcciones de mapeo de tonos local pueden tener en cuenta la información de luminosidad local 174 derivada en la etapa iii) del procedimiento. La información de luminosidad local 174 se puede usar para determinar la aproximación parabólica 172, específicamente ajustando una función parabólica a la información de luminosidad local 174. Como se puede observar en la figura 6b, la aproximación parabólica puede mostrar una desviación 176 de la corrección de mapeo de tonos 173 resultante, específicamente en valores de intensidad altos y/o bajos.

Las figuras 7a a 7c muestran un subespacio de color de la reacción de formación de color 178 en un diagrama de color 180. En la figura 7a, el subespacio de color de la reacción de formación de color 178 del campo de prueba 116 está representado por cruces en el diagrama de color 180. Como se puede observar en la figura 7a, el subespacio de color 178 de la reacción de formación de color puede entrar en una pequeña sección del diagrama de color 180. El subespacio de color 178 puede corresponder a valores de color medidos para concentraciones típicas de glucosa, tales como 20, 70, 120, 250 y 450 mg/dl. Por tanto, la selección de campos de referencia de color 128 en la etapa vi) del procedimiento puede comprender seleccionar campos de referencia de color 128 en un subespacio predeterminado del espacio de color. El subespacio predeterminado puede ser o puede comprender el subespacio de color de la reacción de formación de color 178.

Además, en la figura 7b, el subespacio de color 178 se muestra conjuntamente con los valores de color de los campos de referencia de color 128. Los valores de color de los campos de referencia de color 182 se muestran como círculos en el diagrama de color 180. Como se puede observar en la figura 7b, el espacio de color de los campos de referencia de color 128 puede exceder el subespacio de color de la reacción de formación de color 178. El espacio de color de los campos de referencia de color 128 puede exceder el subespacio de color de los valores de color para concentraciones típicas de glucosa y, por tanto, puede cubrir valores de color hasta concentraciones de glucosa más altas, por ejemplo, hasta 600 mg/dl. Adicionalmente o de forma alternativa, la selección de campos de referencia de color 128 en la etapa vi) puede comprender seleccionar dinámicamente campos de referencia de color 128 en un entorno del color del campo de prueba en el espacio de color, en la que el entorno puede ser o puede comprender el subespacio de color de la reacción de formación de color 178.

En la figura 7c, en el diagrama de color 180, se muestra otro ejemplo de selección de campos de referencia de color 128 para la corrección de color. En este ejemplo, los campos de referencia de color 128 se pueden ponderar de forma diferente, específicamente dando a los campos de referencia de color 128 que tienen un color cercano al color del campo de prueba 116 (indicado con el número de referencia 184) un peso mayor que los campos de referencia de color 128 que están más alejados del color del campo de prueba 116 en el espacio de color (indicado con el número de referencia 186). En general, la medición analítica puede ser exacta en un intervalo predeterminado de concentraciones de glucosa, por ejemplo, en el intervalo normal de 80 a 120 mg/dl. Por tanto, ponderando selectivamente los campos de referencia de color 128 que tienen valores de color correspondientes al intervalo predeterminado de concentraciones de glucosa, se puede potenciar la exactitud de la medición analítica en el intervalo predeterminado, en la que la exactitud en el otro subespacio de color se puede dejar de lado. La selección de campos de referencia de color 128 mostrados en la figura 4 (indicados con el número de referencia 184) puede comprender valores de color de un subespacio de color correspondiente a concentraciones de glucosa de 40 a 160 mg/dl. El número de referencia 186 muestra los valores de color restantes de los campos de referencia de color 128.

Como otro ejemplo, los campos de referencia de color 128 también se pueden seleccionar de acuerdo con una exactitud de la corrección de color, específicamente una exactitud determinada mediante validación cruzada de los campos de referencia de color 128. Además, en base a la selección de los campos de referencia de color 128, la corrección de color, específicamente la matriz de corrección de color, se puede determinar y aplicar además a la primera imagen con corrección de intensidad para obtener la imagen con corrección de intensidad y con corrección de color que se puede usar además para el procedimiento de determinar la concentración de al menos un analito en la muestra del líquido corporal.

En la figura 8, se muestra un modo de realización ejemplar de una curva de mapeo de tonos no lineal 188 del dispositivo móvil 112. En la misma, se muestra un valor de luminosidad 190 de un campo blanco fotografiado en función de un tiempo de exposición 192. Por ejemplo, el tiempo de exposición 192 se puede medir en milisegundos

(ms). En la figura 8, la curva 188 muestra una curva de mapeo no lineal 188 que crece continuamente con tiempos de exposición 192 más largos.

5 Las figuras 9a y 9b muestran modos de realización ejemplares de una reconstrucción de las correcciones de mapeo de tonos para dos dispositivos móviles 112 diferentes. En las figuras 9a y 9b, se compara un cálculo directo de la corrección de mapeo de tonos 194 con la corrección de mapeo de tonos medida 196 original del dispositivo móvil 112. El cálculo directo puede tener en cuenta la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles de la etapa ii) y la corrección de mapeo de tonos locales de la etapa iv) del procedimiento. La comparación se muestra para el cálculo directo mejor logrado de la corrección de mapeo de tonos 194 de un dispositivo móvil 112 en la figura 9a y para el cálculo directo peor logrado de la corrección de mapeo de tonos 194 de otro dispositivo móvil 112 en la figura 9b. Como se puede observar en las figuras 9a y 9b, para ambos casos, el cálculo directo de la corrección de mapeo de tonos 194 produce una buena aproximación de la corrección de mapeo de tonos medida 196 original, específicamente entre la información de luminosidad local 174 de los puntos evaluados, representando, por ejemplo, los al menos tres campos de referencia de gris 126 que tienen diferentes niveles de gris. Por tanto, la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles y la corrección de mapeo de tonos locales pueden ser apropiadas para reproducir la corrección de mapeo de tonos medido 196 original del dispositivo móvil 112. Además, como se puede observar en las figuras 9a y 9b, el cálculo directo de la corrección de mapeo de tonos 194 se puede desviar de la corrección de mapeo de tonos medida 196 original solo para valores de píxeles oscuros en el caso mejor logrado (figura 9a) y para valores de píxeles oscuros y claros en caso peor logrado (figura 9b). A pesar de las desviaciones en el intervalo periférico, la aproximación de la corrección de mapeo de tonos medido 196 original mediante la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles y la corrección de mapeo de tonos local se puede considerar muy buena en el intervalo intermedio para ambos casos.

Lista de números de referencia

- 25 110 kit
- 112 dispositivo móvil
- 30 114 tira reactiva óptica
- 116 campo de prueba de reactivo
- 118 tarjeta de referencia de color
- 35 120 cámara
- 122 procesador
- 40 124 fuente de luz
- 126 campo de referencia de gris
- 128 campo de referencia de color
- 45 130 elemento de posicionamiento
- 132 elemento de ventana
- 50 134 marcador de posición
- 136 capturar al menos una imagen
- 138 aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada a una imagen
- 55 140 derivar al menos una información de luminosidad local
- 142 aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos local
- 60 144 determinar la concentración de analito
- 146 derivar al menos una corrección de color
- 148 aplicar una corrección de color
- 65 150 grupo local

	152	grupo de campos de referencia de color local
5	154	grupo de campos de prueba
	156	grupo de campos de referencia de color local vecinos
	158	intensidad de luz
10	160	valor de color
	161	valor de color rojo medido
15	162	valor de color verde medido
	163	valor de color azul medido
	164	ajuste del canal de color rojo
20	165	ajuste del canal de color verde
	166	pluralidad de correcciones de mapeo de tonos
	167	ajuste del canal de color azul
25	168	gráfico de una corrección de mapeo de tonos medios
	170	pluralidad de correcciones de mapeo de tonos resultantes
30	172	aproximación parabólica
	173	corrección de mapeo de tonos resultante
	174	información de luminosidad local
35	176	desviación
	178	subespacio de color de una reacción de formación de color
40	180	diagrama de color
	182	valores de color de los campos de referencia de color
	184	campo de referencia de color que tiene un color cercano al color del campo de prueba
45	186	campo de referencia de color que tiene un color más alejado del color del campo de prueba
	188	curva de mapeo de tonos no lineal
50	190	valor de luminosidad
	192	tiempo de exposición
	194	cálculo directo de la corrección de mapeo de tonos
55	196	corrección de mapeo de tonos medida original

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para determinar la concentración de al menos un analito en una muestra de un líquido corporal usando un dispositivo móvil (112) que tiene una cámara (120), comprendiendo el procedimiento:
- 5
- i) capturar, usando la cámara, (120) al menos una imagen de al menos una parte de una tarjeta de referencia de color (118) y de al menos una parte de al menos un campo de prueba de reactivo (116) de al menos una tira reactiva óptica (114) que tiene la muestra aplicada a la misma,
- 10
- en el que, en la imagen, el campo de prueba (116) está en una posición definida con respecto a la tarjeta de referencia de color (118),
- en el que la parte fotografiada de la tarjeta de referencia de color (118) comprende una pluralidad de campos de referencia de gris (126) diferentes asignados localmente al campo de prueba (116), en el que la pluralidad de campos de referencia de gris (126) y el campo de prueba (116) se asignan localmente entre sí colocándose en posiciones vecinas o en el que la pluralidad de campos de referencia de gris (126) asignados localmente al campo de prueba (116) se disponen en la tarjeta de referencia de color (118), de modo que la pluralidad de campos de referencia de gris (126) rodeen el campo de prueba (116), y
- 15
- en el que la parte fotografiada de la tarjeta de referencia de color (118) comprende una pluralidad de campos de referencia de color (128) diferentes que tienen valores de color de referencia conocidos y una pluralidad de campos de referencia de gris (126) diferentes asignados localmente a los campos de referencia de color (128), en el que la pluralidad de campos de referencia de gris (126) y los campos de referencia de color (128) se asignan localmente entre sí colocándose en posiciones vecinas o en el que la pluralidad de campos de referencia de gris (126) asignados localmente a los campos de referencia de color (128) se disponen en la tarjeta de referencia de color (118), de modo que la pluralidad de campos de referencia de gris (126) rodeen los campos de referencia de color (128),
- 20
- ii) aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada a la imagen obtenida en la etapa i), obteniendo de este modo al menos una primera imagen con corrección de intensidad, en el que la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada comprende una asignación de un segundo valor de luminosidad a un primer valor de luminosidad, en el que el primer valor de luminosidad se registra por la cámara (120), en el que cada píxel de la imagen grabada se corrige individualmente mediante la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles predeterminada, en el que, para tener en cuenta las curvas de mapeo de tonos no lineales dependientes del dispositivo usadas por los diferentes tipos de dispositivos móviles, se combina una pluralidad de curvas de mapeo de tonos para diferentes tipos de dispositivos móviles para derivar la corrección de mapeo de tonos medios;
- 25
- iii) derivar, a partir de la primera imagen con corrección de intensidad, información de luminosidad local (174) para al menos algunos de los campos de referencia de color (128) y para el campo de prueba (116), usando los campos de referencia de gris (126) asignados localmente a los campos de referencia de color (128) y al campo de prueba (116), respectivamente, en el que la información de luminosidad local (174) comprende una indicación numérica que describe la intensidad local de al menos un color RGB de los campos de referencia de color (128) y el campo de prueba (116), respectivamente;
- 30
- iv) aplicar al menos una corrección de mapeo de tonos específica del dispositivo móvil a la primera imagen con corrección de intensidad, teniendo en cuenta la corrección del mapeo de tonos específica del dispositivo móvil la información de luminosidad local (174), obteniendo de este modo al menos una segunda imagen con corrección de intensidad; y
- 35
- v) determinar la concentración de analito en base a una reacción de formación de color del campo de prueba (116) usando la segunda imagen con corrección de intensidad.
- 40
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación precedente, que comprende además:
- 45
- vi) derivar, usando al menos algunos de los campos de referencia de color (128) en la segunda imagen con corrección de intensidad, al menos una corrección de color; y
- 50
- vii) aplicar la corrección de color a la segunda imagen con corrección de intensidad, obteniendo de este modo al menos una imagen con corrección de intensidad y con corrección de color.
- 55
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación precedente, en el que el procedimiento comprende además, antes de la etapa vi), un balance de blancos local de al menos algunos de los campos de referencia de color (128) y del campo de prueba (116).
- 60
4. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que, en la etapa
- 65

vi), la corrección de color se deriva usando una selección de los campos de referencia de color (128), en el que la selección de los campos de referencia de color (128) se basa en al menos uno de:

- seleccionar campos de referencia de color (128) en un subespacio predeterminado del espacio de color;
- seleccionar dinámicamente campos de referencia de color (128) en un entorno del color del campo de prueba (116) en el espacio de color;
- ponderar los campos de referencia de color (128) de forma diferente;
- seleccionar campos de referencia de color (128) de acuerdo con la exactitud de la corrección de color.

5. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la corrección de mapeo de tonos medios basada en píxeles comprende al menos una de: una corrección de mapeo de tonos medios derivada al combinar una pluralidad de correcciones de mapeo de tonos (166) para diferentes tipos de dispositivos móviles (112); una inversa de una corrección gamma estándar.

6. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además, realizar al menos una modificación estadística de la primera imagen con corrección de intensidad, en el que la etapa iv) se realiza sobre la base de la primera imagen con corrección de intensidad modificada estadísticamente.

7. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los campos de referencia de gris (126) asignados localmente al campo de prueba (116) rodean el campo de prueba (116), en el que los campos de referencia de gris (126) asignados localmente al campo de prueba (116) y el campo de prueba (116) forman un grupo de campos de prueba (154).

8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación precedente, en el que el grupo de campos de prueba (154) comprende una pluralidad de campos de referencia de gris (126) redundantes que tienen al menos tres niveles de gris diferentes, en el que se proporcionan al menos dos campos de referencia de gris (126) redundantes para cada nivel de gris, en el que los campos de referencia de gris (126) redundantes se disponen alrededor del campo de prueba (116) de forma simétrica, en el que, en la etapa iii), se determina específicamente la información de luminosidad local (174) para el campo de prueba (116) promediando campos de referencia de gris (126) redundantes que tienen el mismo nivel de gris.

9. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los campos de referencia de gris (126) asignados localmente a los campos de referencia de color (128) rodean los campos de referencia de color (128) respectivos, en el que los campos de referencia de gris (126) asignados localmente a uno de los campos de referencia de color (128) y el campo de referencia de color (128) respectivo forman un grupo de campos de referencia de color local (156).

10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación precedente, en el que cada grupo de campos de referencia de color local (156) comprende una pluralidad de campos de referencia de gris (126) redundantes que tienen al menos tres niveles de gris diferentes, en el que se proporcionan al menos dos campos de referencia de gris (126) redundantes para cada nivel de gris, en el que los campos de referencia de gris (126) redundantes se disponen alrededor del campo de referencia de color (128) del grupo de campos de referencia de color local respectivo de forma simétrica.

11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación precedente, en el que, en la etapa iii), la información de luminosidad local (174) para el campo de referencia de color local (156) respectivo se determina promediando campos de referencia de gris (126) redundantes que tienen el mismo nivel de gris.

12. Un dispositivo móvil (112) que tiene al menos una cámara (120), comprendiendo el dispositivo móvil (112) al menos un procesador (122), estando configurado el dispositivo móvil (112) para realizar el procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

13. Un kit (110) para determinar la concentración de al menos un analito en una muestra de un líquido corporal, comprendiendo el kit (110) el dispositivo móvil (112) de acuerdo con la reivindicación precedente, comprendiendo además el kit (110) al menos un tira reactiva óptica (114) que tiene al menos un campo de prueba de reactivo (116), comprendiendo además el kit (110) al menos una tarjeta de referencia de color (118), en el que la tarjeta de referencia de color (118) comprende una pluralidad de campos de referencia de gris (126) diferentes asignados localmente al campo de prueba (116), y en el que la tarjeta de referencia de color (118) comprende una pluralidad de campos de referencia de color (128) diferentes que tienen valores de color de referencia conocidos y una pluralidad de campos de referencia de gris (126) diferentes asignados localmente a los campos de referencia de color (128).

14. Un programa informático que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan por el al menos un procesador (122) del dispositivo móvil (112) de la reivindicación 12, hacen que el dispositivo móvil (112) lleve a cabo el procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en referencia a un procedimiento.

5

15. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene almacenado en el mismo el programa informático de la reivindicación 14.

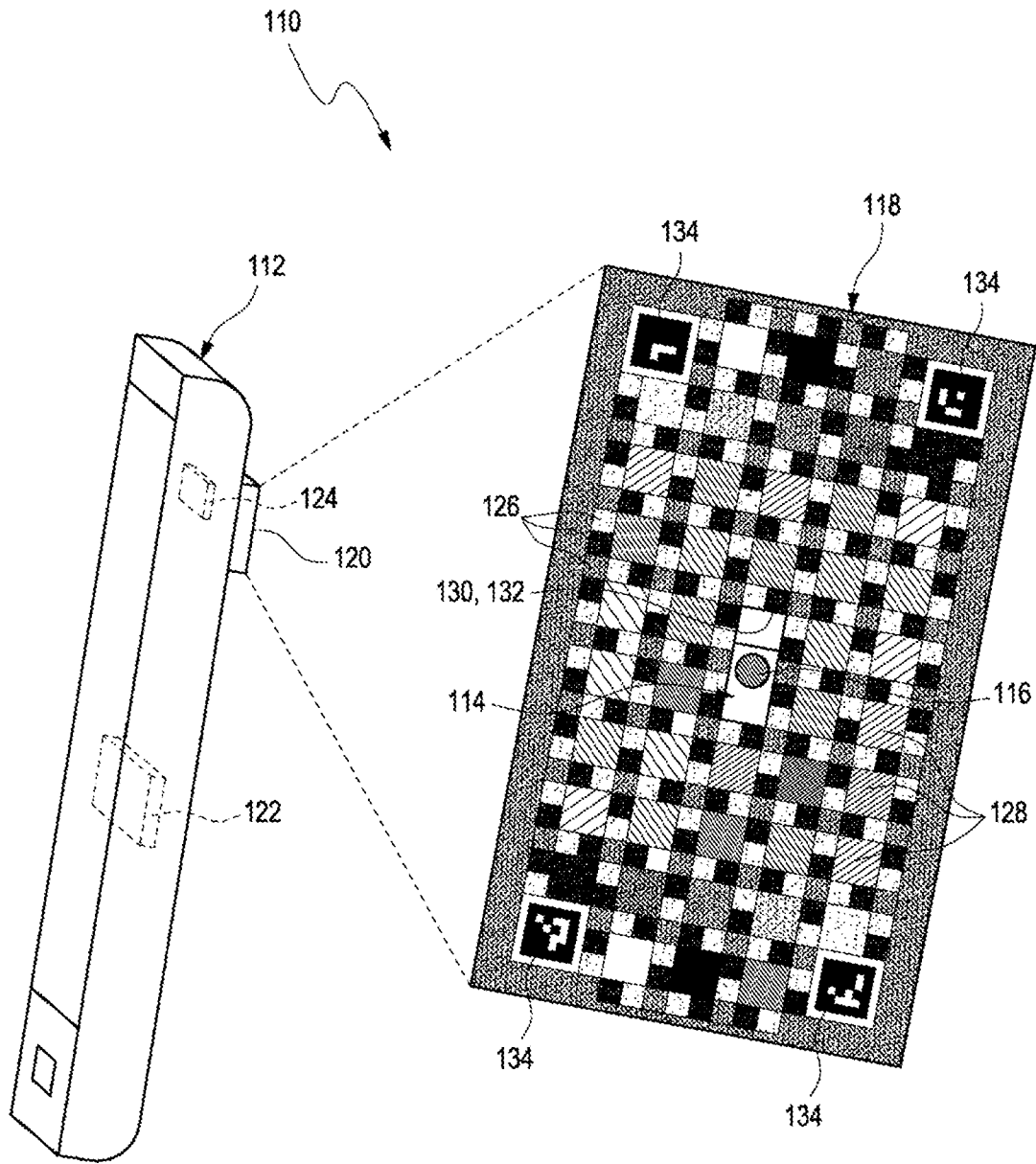


Fig. 1

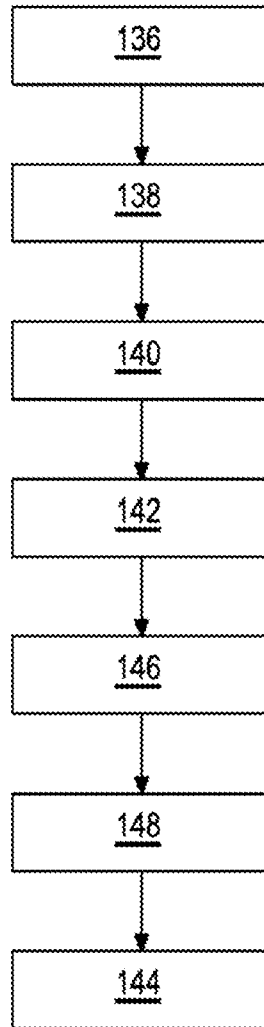


Fig. 2

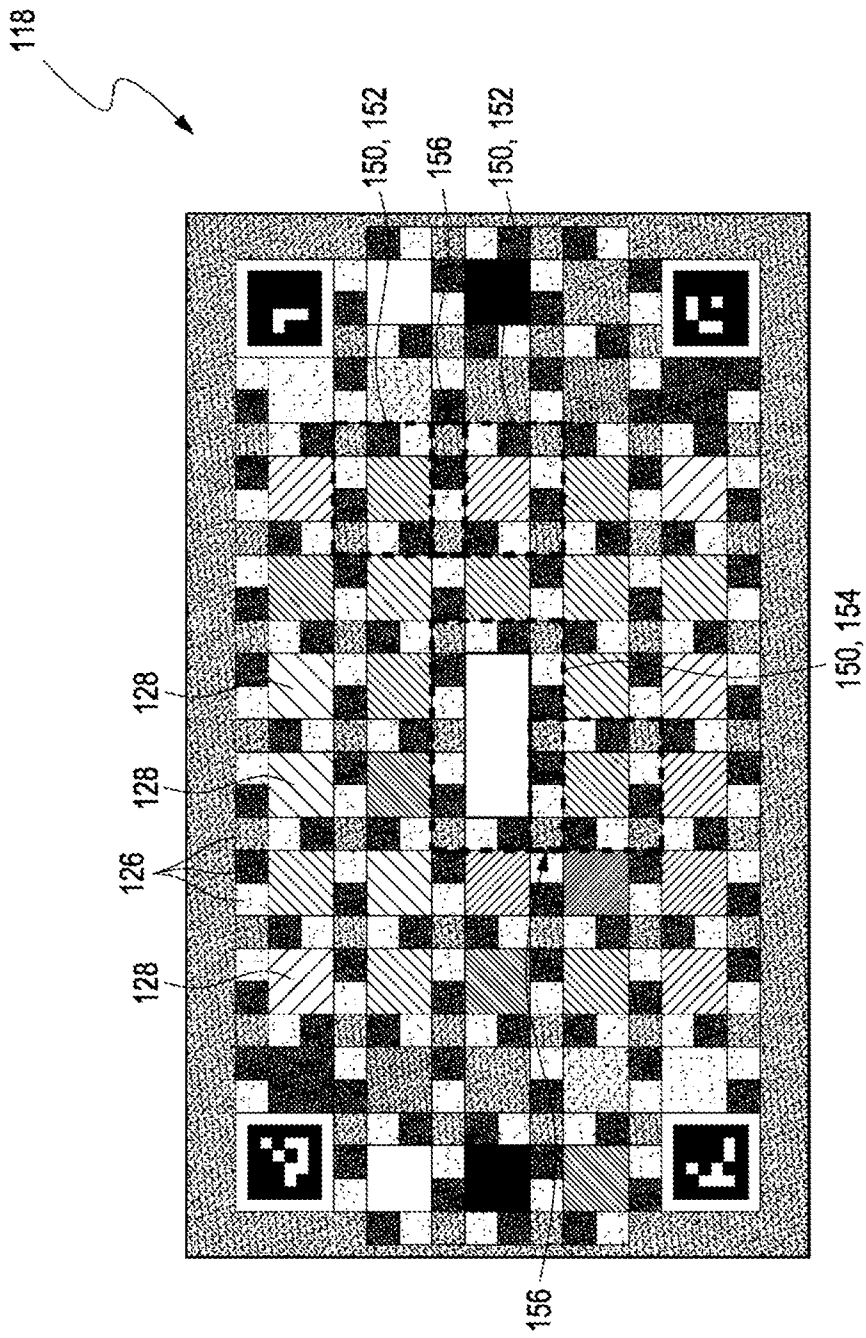


Fig. 3

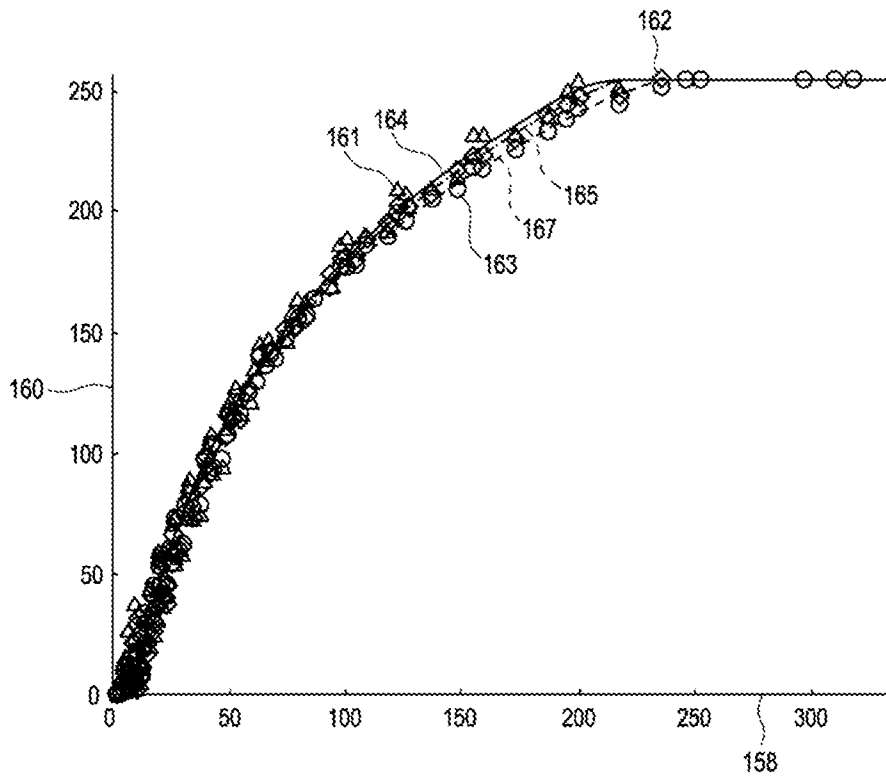


Fig. 4

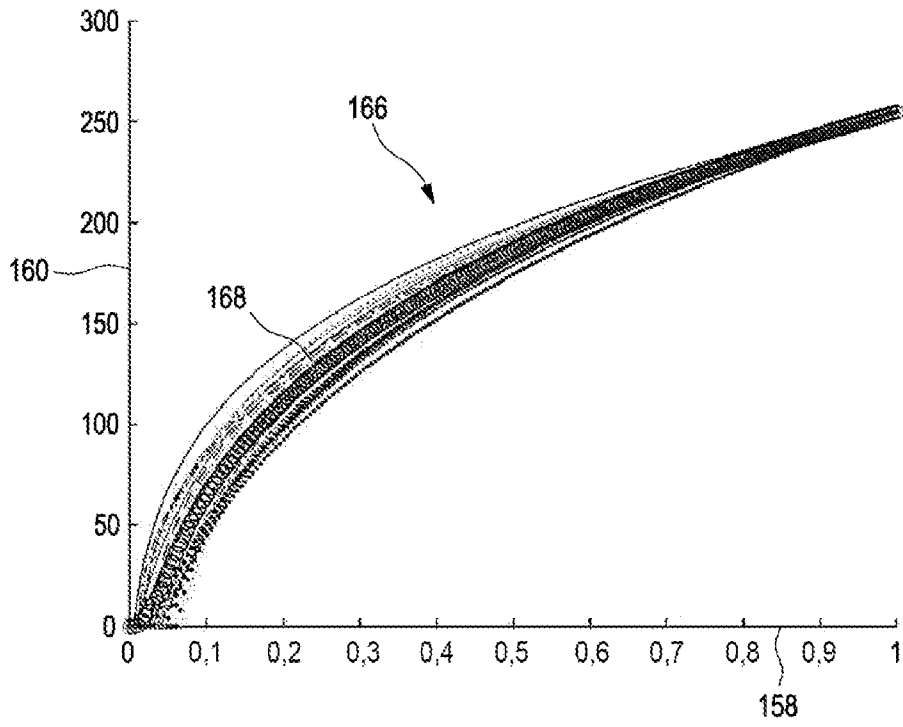


Fig. 5 a

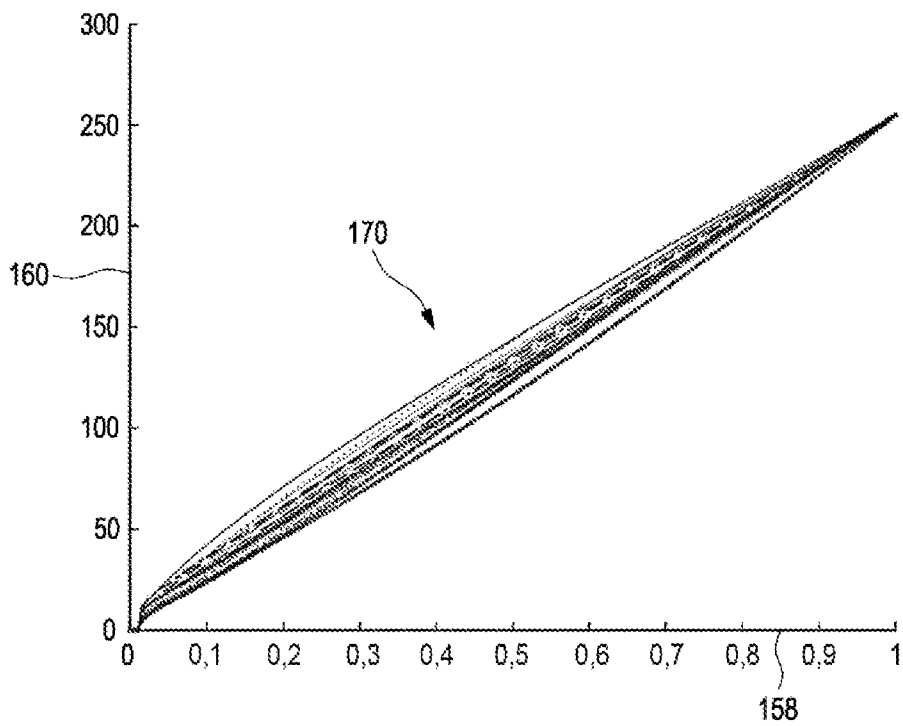


Fig. 5 b

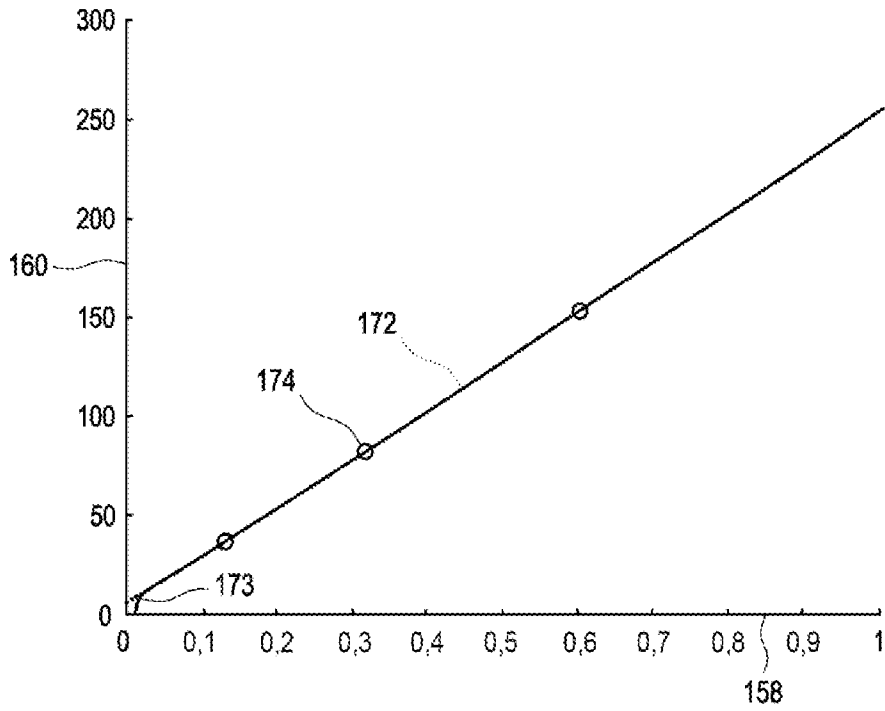


Fig. 6 a

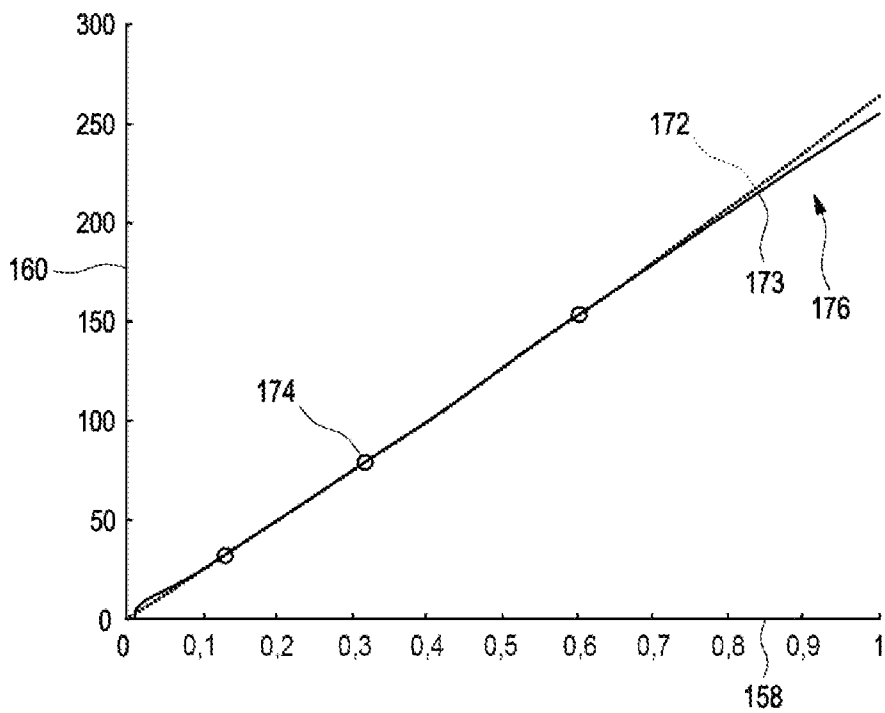


Fig. 6 b

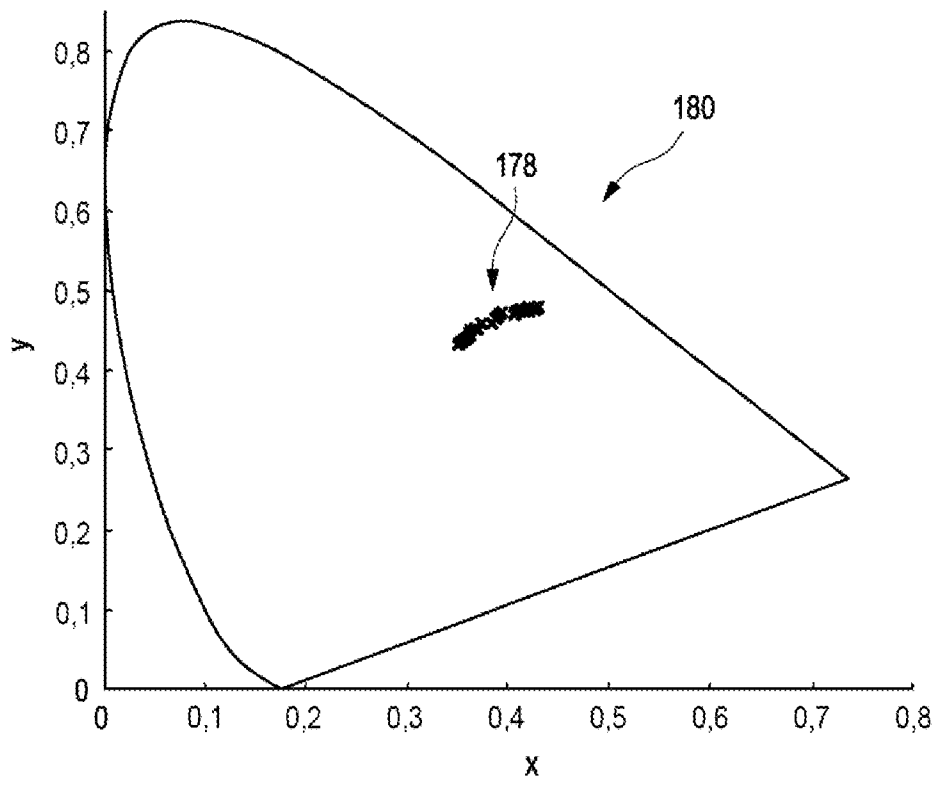


Fig. 7 a

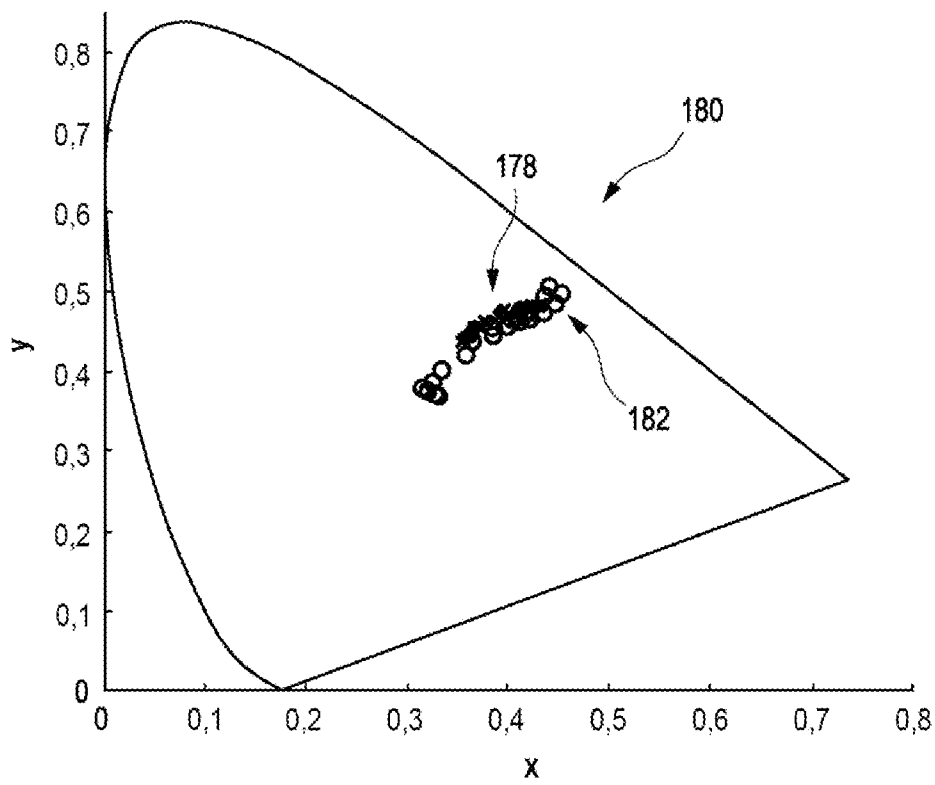


Fig. 7 b

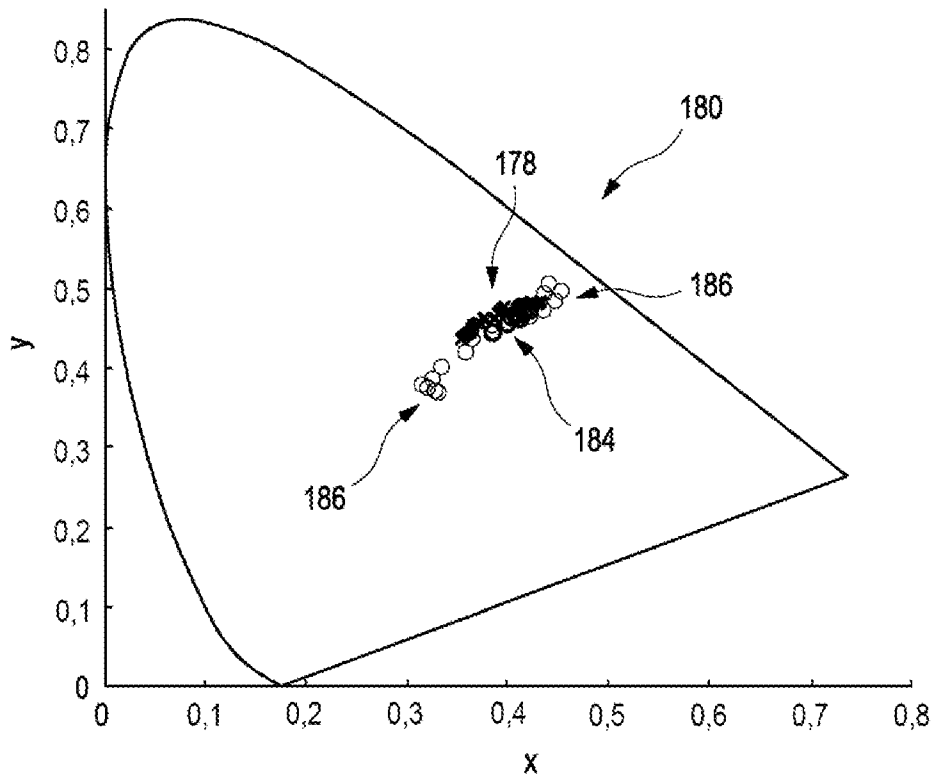


Fig. 7 c

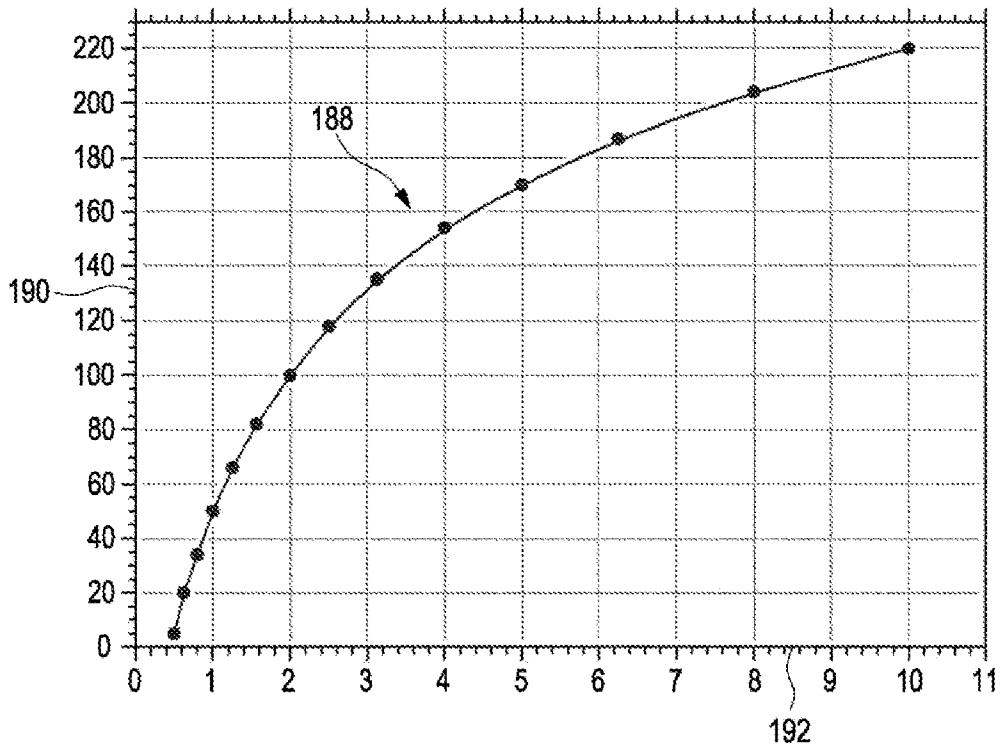


Fig. 8

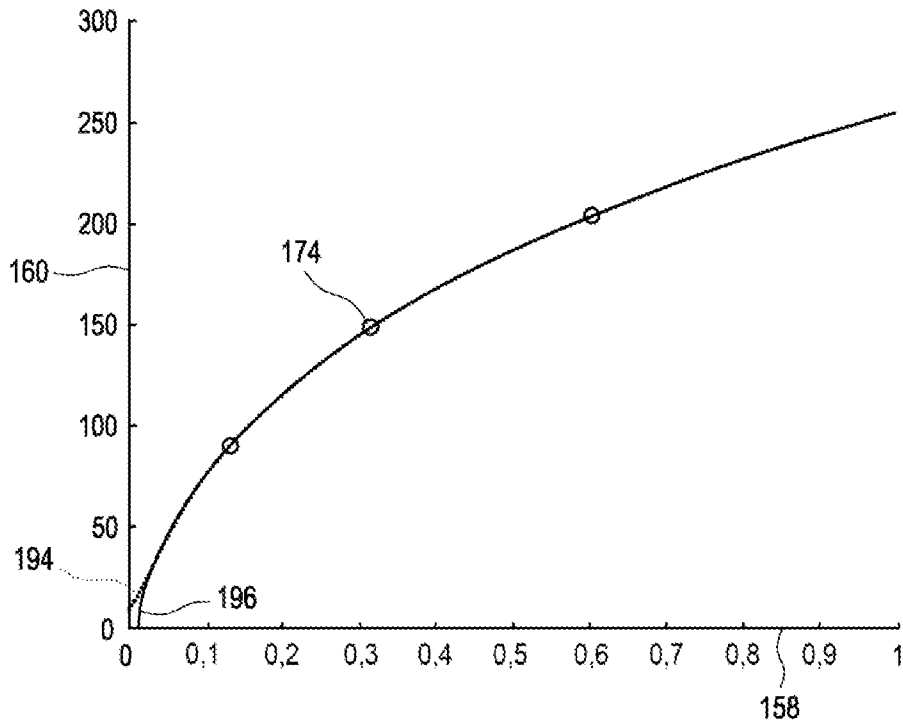


Fig. 9 a

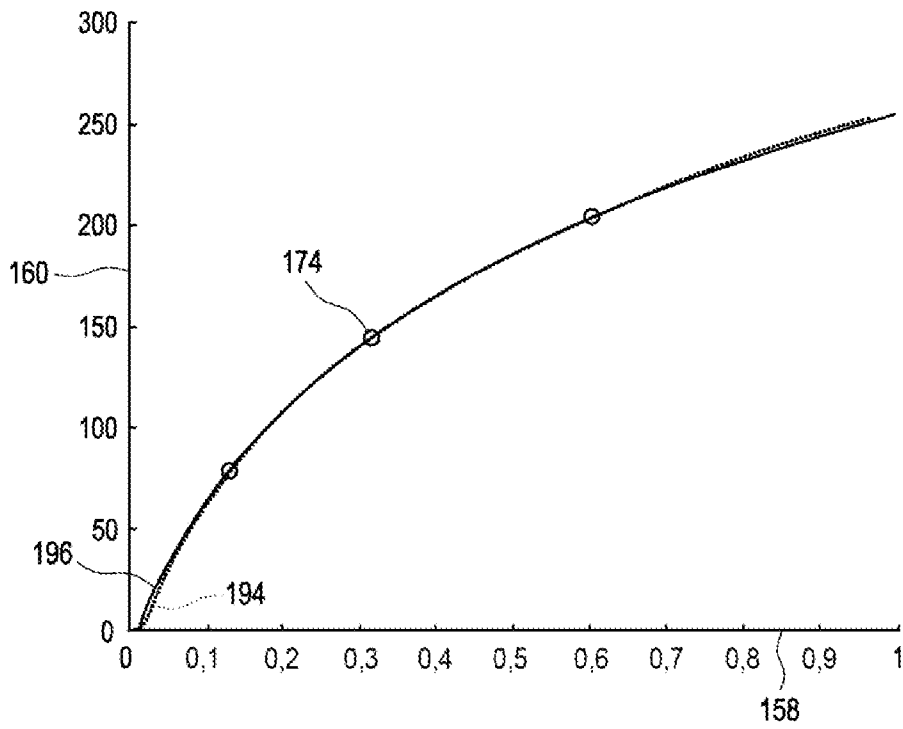


Fig. 9 b