

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 942 865**

51 Int. Cl.:

**A61B 3/09** (2008.01)

**A61B 3/028** (2010.01)

**A61B 3/00** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2020 E 21216841 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2023 EP 3995069**

54 Título: **Determinación de valores para el control de la miopía de un ojo de un usuario**

30 Prioridad:

**23.08.2019 EP 19193432**

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

**07.06.2023**

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH  
(100.0%)  
Turnstrasse 27  
73430 Aalen, DE**

72 Inventor/es:

**LEUBE, ALEXANDER;  
OHLENDORF, ARNE y  
WAHL, SIEGFRIED**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 942 865 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

Determinación de valores para el control de la miopía de un ojo de un usuario

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un programa de computadora para determinar valores para el control de la miopía de al menos un ojo de un usuario, a un dispositivo para el procesamiento de datos, así como soportes de datos legibles por ordenador, señales de soporte de datos y medios legibles por ordenador correspondientes. Por consiguiente, la presente invención puede emplearse, en particular, para el control de la miopía; sin embargo, son imaginables otras áreas de aplicación.

**Estado de la técnica**

15 Del estado de la técnica se conocen procedimientos y dispositivos para determinar la acomodación y vergencia de un ojo o de los dos ojos de un usuario, en particular para el control de la miopía. Sin embargo, el control de la miopía se lleva a cabo la mayoría de las veces de manera estandarizada, sin que en este caso se tenga en cuenta una influencia de parámetros fisiológicos individuales. En aplicaciones clínicas se utilizan valores de adición y/o valores de inserción estándares, p. ej., para lentes varifocales, que ayudan a enfocar de cerca el ojo y, de esta manera, pretenden ralentizar la progresión de la miopía, pero que ignoraron parámetros registrados individualmente con respecto a la acomodación y/o la vergencia. La información sobre la precisión de la acomodación y un enfoque de cerca de los ojos resultante de la misma se ha obtenido en la práctica clínica diaria mediante métodos subjetivos y/u objetivos. No obstante, métodos de este tipo, tales como, p. ej., la medición de un enfoque de cerca incorrecto de los ojos mediante prismas de fijación, requieren personal capacitado y una evaluación subjetiva, en particular de la borrosidad o del movimiento de enfoque de los ojos. Dispositivos y procedimientos conocidos del estado de la técnica determinan la acomodación y la vergencia de los ojos de un usuario en cada caso de manera separada, asumiendo adicionalmente que el esfuerzo requerido por cada ojo para la acomodación corresponde exactamente un valor de estímulo.

30 Sin embargo, la acomodación y la vergencia de los ojos de un usuario no se pueden considerar de forma completamente independiente. En mediciones de la precisión de la acomodación del ojo se pudo demostrar que la reducción de un error de acomodación mediante lentes varifocales depende significativamente de la adición elegida. Gwiazda J., Thorn F., Bauer J. y Held R., Myopia Children Show Insufficient Accommodative Response to Blur, Investigative Ophthalmology & Visual Science 34(3), 1993, pp. 690-94 pudieron demostrar que una inexactitud de la acomodación de voluntarios miopes supera a la de voluntarios no miopes. Además, según Gwiazda J., Thorn F., y Held R., Accommodation, Accommodative Convergence, and Response AC/A Ratios Before and at the Onset of Myopia in Children, Optometry and Vision Science 82(4), 2005, pp. 273-78, la cantidad de vergencia ajustada para una distancia acomodativa dada (abreviada "AC/A" del inglés *accommodative convergence/accommodation*) en miopes es mayor que la cantidad realmente necesaria, por lo que el error resultante es mayor que en voluntarios no miopes.

40 Win-Hall D.M., y Glasser, A., Objective accommodation measurements in presbyopic eyes using an autorefractor and an aberrometer, J. Cataract. Refract. Surg. 34(5), 2008, pp. 774-84, realizaron un estudio para determinar la repetibilidad de la determinación de la acomodación mediante un aberómetro y en un autorrefractor en personas jóvenes, fáticas, con pre-presbicia. La acomodación fue estimulada por señales a diferentes distancias. El estudio encontró que la acomodación determinada de ambos modos no difiere significativamente entre sí y, por lo tanto, es adecuada para la determinación objetiva de la acomodación en una población fática, con pre-presbicia con amplitudes acomodativas bajas.

50 El documento US 5.684.561 A da a conocer un autorrefractor que comprende dos fuentes de luz y una óptica asociada para la proyección de una imagen sobre el fondo del ojo, en donde un solo detector genera una señal que corresponde a cada fuente de luz. En una ejecución alternativa, se emplean una sola fuente de luz y dos detectores. Se detecta la luz reflejada desde el fondo del ojo y se utilizan las diferencias en las dos señales para determinar las desviaciones de una esfera de cero dioptrías. Los detectores segmentados o CCD se utilizan para determinar el cilindro, el eje, la longitud y la dirección visual y, a partir de esto, determinar y analizar una imagen retiniana.

55 El documento US 7.290.879 B2 da a conocer un dispositivo combinado para la determinación de la función de refracción y acomodación del ojo. El dispositivo para la determinación de la refracción presenta un dispositivo de conmutación, mediante el cual entre dos tipos de medición diferentes, que comprenden una medición normal de la refracción, que detecta la refracción esférica, la refracción cilíndrica y el eje astigmático, y una medición de la función de acomodación se puede seleccionar la función que detecta un cambio en la refracción del ojo detectada para componentes de alta frecuencia.

60 El documento US 2012/0287398 A1 da a conocer un dispositivo de análisis de la visión binocular para determinar una prescripción de ayuda oftálmica para los ojos de un usuario. El dispositivo comprende un sistema óptico que está diseñado para mostrar imágenes virtuales de un objetivo que es visible para uno de los dos ojos. Al menos un divisor de haz, que está dispuesto delante de cada uno de los dos ojos, conduce las imágenes virtuales a los ojos correspondientes. El dispositivo comprende, además, dispositivos para la corrección de la esfera, así como para la

corrección cilíndrica, que están asignados en cada caso a uno de los dos ojos y a partir de los cuales se puede determinar la refracción respectiva del ojo. Se puede emplear un dispositivo opcional para determinar los movimientos de seguimiento de los ojos para registrar las posiciones de los ojos y, a partir de esto, ajustar la posición del sistema óptico.

5 Además, se conocen procedimientos y dispositivos para determinar los movimientos de los ojos de un usuario.

10 El documento US 6.402.320 B1 da a conocer un procedimiento automático para determinar la agudeza visual, particularmente para niños pequeños, mediante un dispositivo electrónico de visualización visual, que comprende las siguientes etapas: (a) proporcionar un objetivo de fijación en el dispositivo de visualización como estímulo para el usuario; luego (b) proporcionar una imagen de prueba en el dispositivo de visualización, en donde la imagen de prueba comprende al menos dos campos separados, en donde uno de los campos presenta un primer patrón de prueba y otro de los campos presenta un patrón de control, en donde el patrón de prueba se diseña como un estímulo para el usuario si el patrón de prueba es reconocible para el usuario; luego (c) detectar si se produce un movimiento de los ojos en el patrón de prueba, en donde la aparición de un movimiento de los ojos en el patrón de prueba confirma el carácter distintivo del primer patrón de prueba por parte del usuario; luego (d) repetir las etapas (b) y (c) con un patrón de prueba adicional, siendo más difícil distinguir el patrón de prueba adicional que el primer patrón de prueba; y (e) determinar la agudeza visual del usuario a partir de la aparición o la ausencia de movimiento ocular al primer patrón de prueba y al menos a otro patrón de prueba.

15 El documento US 2015/070273 A1 da a conocer procedimientos y dispositivos para detectar y seguir ópticamente el movimiento de los ojos. Un procedimiento para seguir el movimiento de los ojos incluye emitir luz sobre el ojo del usuario utilizando múltiples fuentes de luz sustancialmente equidistantes de un módulo fotodetector del dispositivo, recibir el módulo de al menos una retrorreflexión parcial de la luz emitida desde cada una de las múltiples fuentes de luz y desde la luz reflejada por el ojo en el fotodetector, y determinar un parámetro de posición del ojo en base a diferentes valores de la reflexión, al menos parcial, de la luz con respecto a la pluralidad de fuentes de luz.

20 El documento DE 10 2012 022 662 A1 da a conocer un dispositivo, así como un procedimiento para verificar la capacidad de visión humana, que comprende un módulo de generación de imágenes para generar imágenes de prueba arbitrarias, un módulo de formación de imágenes que sirve para obtener imágenes de la imagen de prueba proporcionada por el módulo de formación de imágenes como un estímulo en la retina del ojo, en donde el módulo de formación de imágenes contiene al menos un componente óptico con distancia focal variable, de modo que la imagen de prueba del módulo de formación de imágenes puede ser percibida por el ojo desde distancias variables y virtualmente simuladas, un dispositivo de medición de la acomodación para medir la acomodación del ojo, un dispositivo de medición de la dirección visual para medir la dirección visual del ojo, un módulo de control y evaluación, que detecta y/o procesa las informaciones y/o los valores de medición procedentes de los distintos módulos y/o controla la secuencia operativa. El dispositivo se caracteriza porque mediante la respectiva imagen de prueba se puede llevar a cabo una estimulación de la acomodación del ojo y/o por medio de la dirección visual se puede realizar la medición de la acomodación del ojo, así como la dirección visual del ojo de forma simultánea o alternativa y los valores de medición de la acomodación del ojo, así como la dirección visual del ojo se pueden aportar a un módulo de control y evaluación. En una ejecución particular del dispositivo, se puede efectuar una revisión simultánea de los dos ojos, generando imágenes binoculares virtuales que, p. ej., no se puede distinguir de la realidad visual en términos de fisiología visual.

30 El documento WO 2009/007136 A1 da a conocer un procedimiento para verificar y/o determinar datos de usuario de un usuario de lentes para gafas, con las etapas: proporcionar datos subjetivos de un usuario de lentes para gafas, en donde los datos subjetivos comprenden al menos datos subjetivos de refracción; proporcionar datos objetivos de refracción del usuario de lentes para gafas; comparar al menos un subconjunto de los datos subjetivos de refracción con al menos un subconjunto de los datos objetivos de refracción y determinar un resultado comparativo; adaptar al menos el subconjunto de datos subjetivos de refracción a los datos objetivos de refracción en función del resultado de la comparación, bajo la condición de que el resultado comparativo cumpla al menos una condición comparativa predeterminada; de lo contrario, conservar al menos el subconjunto de los datos subjetivos de refracción y/o proporcionar un mensaje que contiene el resultado comparativo.

35 El documento WO 2020/216790 A1 da a conocer un procedimiento para la determinación de un error de refracción en el ojo de un usuario. Para ello, tiene lugar una representación de un carácter en una pantalla, en donde se modifica un parámetro del carácter representado en la pantalla, una detección de un movimiento del ojo del usuario en función del carácter representado en la pantalla, una determinación del momento en el que, a partir de la métrica de movimiento del ojo del usuario resulta un umbral de reconocimiento del usuario para el carácter representado en la pantalla, y una determinación de un valor para el error de refracción del ojo del usuario a partir del parámetro establecido en ese momento.

40 El documento WO 2020/260614 A1 da a conocer un procedimiento y un dispositivo para la determinación de un umbral de sensibilidad al contraste de los ojos de un usuario. Para ello, se registran y evalúan los movimientos de los ojos provocados por un estímulo diseñado para excitar un nistagmo optocinético.

**Misión de la invención**

Partiendo, en particular, de la divulgación del documento US 2012/0287398 A1, la misión de la presente invención consiste en proporcionar un programa de computadora para determinar valores para un control de la miopía de al menos un ojo del usuario, un dispositivo para el procesamiento de datos, así como soportes de datos legibles por computadora, señales de soporte de datos y medios legibles por computadora correspondientes, que superan al menos parcialmente las desventajas y limitaciones enumeradas del estado de la técnica.

En particular, el dispositivo y el programa de computadora deben posibilitar el control de la miopía de al menos un ojo del usuario, preferentemente de los dos ojos del usuario, utilizando la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia de al menos un ojo del usuario, preferentemente de los dos ojos del usuario, sin que se deba recurrir a una valoración subjetiva por parte de personal debidamente entrenado.

Además, la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia de al menos un ojo del usuario, preferentemente de los ojos del usuario, debe poder servir de base para un control eficaz de la miopía, a saber, tanto para un tratamiento inicial del usuario como para el control del seguimiento, especialmente con respecto a una progresión potencial de la miopía en el usuario.

**Divulgación de la invención**

Este problema se resuelve mediante una invención con las características de las reivindicaciones independientes. Ejecuciones preferidas, que se pueden realizar individualmente o en combinación, se representan en las reivindicaciones dependientes.

En lo que sigue, los términos "tener", "presentar", "comprender" o "incluir" o cualquier desviación gramatical de los mismos se utilizan de una manera no exclusiva. De manera correspondiente, estos términos pueden referirse tanto a situaciones en las que, además de la característica introducida por estos términos, no están presentes otras características, como a situaciones en las que están presentes una o más características adicionales.

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un programa de computadora que comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado por una computadora, inducen que la computadora lleve a cabo un procedimiento que está configurado para determinar conjuntamente la acomodación y la vergencia de al menos un ojo de un usuario. El procedimiento comprende las siguientes etapas a) a e), preferiblemente en el orden dado. Una secuencia diferente también es básicamente posible. En particular, también es posible realizar las etapas total o parcialmente al mismo tiempo. Además, pueden repetirse etapas individuales, varias o todas las etapas del procedimiento, en particular más de una vez. Además de las etapas mencionadas, el procedimiento también puede comprender otras etapas de procedimiento.

El procedimiento para determinar conjuntamente la acomodación y la vergencia de al menos un ojo de un usuario comprende las etapas:

a) representar al menos un símbolo al menos una primera distancia delante de al menos un ojo de un usuario para estimular la acomodación del al menos un ojo;

b) registrar al menos un movimiento del ojo del al menos un ojo;

c) determinar una refracción del al menos un ojo cuando se acomoda el al menos un ojo en la al menos una primera distancia; y

d) determinar conjuntamente la acomodación y la vergencia del al menos un ojo mediante

o determinación de una modificación en la refracción del al menos un ojo cuando se acomoda el al menos un ojo a la al menos una primera distancia con respecto a la acomodación del al menos un ojo a al menos una segunda distancia; y

o determinación de la vergencia del al menos un ojo a partir del al menos un movimiento del ojo del al menos un ojo durante la acomodación del al menos un ojo en la al menos una primera distancia; y

e) determinación de una modificación de una miopía del al menos un ojo del usuario a partir de una relación de la vergencia del al menos un ojo a la modificación de la acomodación a partir de la modificación de la refracción del al menos un ojo en el caso de la acomodación del al menos un ojo en la al menos una primera distancia frente a la acomodación del al menos un ojo a la al menos segunda distancia.

Preferiblemente, mediante el procedimiento precedentemente especificado se determinan la acomodación y la vergencia de los ojos del usuario, de manera particularmente preferible simultáneamente.

En el caso de una forma de realización preferida, las distintas etapas del procedimiento precedentemente especificado para determinar la acomodación y la vergencia de al menos un ojo de un usuario se llevan a cabo con ayuda de al menos una unidad terminal móvil. Por al menos una unidad terminal móvil debe entenderse preferiblemente un dispositivo que comprende al menos un procesador programable, así como al menos una cámara y al menos un sensor de la aceleración, y que está diseñado preferiblemente para ser transportado, es decir, está diseñado en términos de dimensiones y peso de manera que pueda ser transportado por una persona. En la al menos una unidad terminal móvil pueden estar presentes otros componentes, tales como, por ejemplo, al menos una pantalla, al menos una fuente de luz para, por ejemplo, luz visible en un intervalo de longitudes de onda de 380 nm a 780 nm y/o luz infrarroja en un intervalo de longitudes de onda de 780 nm a 1 mm y/o al menos un receptor de luz con sensibilidad, por ejemplo, para la luz visible en un intervalo de longitudes de onda de 380 nm a 780 nm y/o luz infrarroja en un intervalo de longitudes de onda de > 780 nm a 1 mm. Ejemplos típicos de unidades terminales móviles de este tipo son los teléfonos inteligentes o las tabletas-PCs, que pueden presentar al menos una pantalla, por ejemplo, una pantalla táctil (Touchscreen), al menos una cámara, al menos un sensor de la aceleración, al menos una fuente de luz, al menos un receptor de luz y otros componentes tales como interfaces inalámbricas para comunicaciones móviles o WLAN (Wireless LAN). La representación de al menos un símbolo en al menos una primera distancia delante de al menos un ojo de un usuario para estimular la acomodación del al menos un ojo conforme a la etapa a) del presente procedimiento puede tener lugar, por ejemplo, mediante la al menos una pantalla de la al menos una unidad terminal móvil. La detección de un movimiento del ojo del al menos un ojo según la etapa b) del presente procedimiento puede tener lugar, por ejemplo, mediante al menos una cámara; o mediante la al menos una fuente de luz y mediante la al menos una cámara o el al menos un receptor de luz, en cada caso del al menos una unidad terminal móvil. La determinación de una refracción del al menos un ojo durante la acomodación del al menos un ojo en la al menos una primera distancia según la etapa c) del presente procedimiento puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante la al menos una cámara; o mediante la al menos una fuente de luz y mediante la al menos una cámara o el al menos un receptor de luz, en cada caso de la al menos una unidad móvil. La determinación conjunta de la acomodación y la vergencia del al menos un ojo mediante

- determinación de una modificación en la refracción del al menos un ojo cuando se acomoda el al menos un ojo a la al menos una primera distancia con respecto a la acomodación del al menos un ojo a una segunda distancia; y
- determinación de un la vergencia del al menos un ojo a partir del al menos un movimiento del ojo del al menos un ojo durante la acomodación del al menos un ojo en la al menos una primera distancia de acuerdo con la etapa d) del presente procedimiento puede tener lugar, por ejemplo, mediante al menos una cámara; o mediante la al menos una fuente de luz y mediante la al menos una cámara o el al menos un receptor de luz, en cada caso de la al menos una unidad terminal móvil.

El término "acomodación" se refiere a un adaptación de la refracción de al menos un ojo de un usuario en el caso de una formación de imagen de un objeto que se encuentra a una distancia básicamente arbitraria delante de al menos un ojo del usuario entre el punto próximo y el punto lejano, en el plano retiniano de al menos un ojo. En este caso, el "punto lejano" se refiere a un punto extremo de una dirección de refracción del al menos un ojo del usuario en el estado sin acomodación. En el marco de la presente invención, el término "acomodación" comprende también el estado sin acomodación, que se estimula mediante al menos un símbolo que se encuentra en el punto lejano. A diferencia de ello, el "punto próximo" designa un punto que indica la distancia más pequeña delante del al menos un ojo del usuario en el que el objeto todavía puede ser nítidamente representado en el plano retiniano del al menos un ojo, en donde el punto próximo representa una magnitud individual, en particular dependiente de la edad del usuario. Como punto de referencia para la medición de la distancia puede servir un punto fijado del al menos un ojo, en particular sobre la córnea, por ejemplo un lugar de un reflejo de la córnea observable.

El término "refracción" designa en este caso una refracción de la luz en al menos un ojo del usuario, que se experimenta mediante un haz de luz que incide a través de la pupila en el interior de al menos un ojo. El desenfoque del al menos un ojo del usuario puede conducir a una visión defectuosa (ametropía) del usuario, en particular a una miopía o hipermetropía (hiperopía) en el usuario. Para la determinación subjetiva de la refracción conocida por el estado de la técnica, se proporcionan habitualmente optotipos, preferiblemente en forma de números, letras o símbolos, en un panel o una pantalla de un tamaño fijado para una distancia dada, que el usuario está viendo. Proporcionando una serie de lentes ópticas con propiedades conocidas, así como guiando al usuario en un proceso de interrogatorio definido, es posible determinar subjetivamente qué desenfoque tiene al menos un ojo del usuario y qué configuración refractiva de la lente para gafas conduce a una compensación en gran medida del desenfoque del al menos un ojo ametrópico del usuario y, con ello, a una calidad de imagen óptima en la medida de lo posible para el usuario. El término "gafas" designa en este caso un elemento arbitrario que comprende dos lentes para gafas individuales y una montura de gafas, estando prevista la lente para gafas a insertarse en una montura de gafas que es elegida por un usuario de las gafas. En lugar del término "usuario" utilizado aquí, también se puede utilizar como sinónimo uno de los términos "sujeto", la expresión "usuario de gafas", "usuario" o "voluntario".

El término "vergencia" se refiere a movimientos de los ojos opuestos de los dos ojos de un par de ojos del usuario, realizando cada uno de los dos ojos una rotación del ojo alrededor de ejes mutuamente paralelos en una dirección de rotación opuesta en cada caso. Cada uno de estos ejes mutuamente paralelos representa en este caso una extensión hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de rotación del ojo. El centro de rotación del ojo es en este caso el centro geométrico de rotación del ojo. Por el término "vergencia" se incluye tanto el movimiento opuesto de los dos ojos de un par de ojos del usuario hacia la línea central como el movimiento de los ojos en dirección opuesta de los dos ojos de un par de ojos del usuario que se alejan de forma divergente de la línea central. La línea central designa la proyección vertical hasta el infinito a la mitad de la distancia de la pupila perpendicular a la distancia de la pupila. El centro de la pupila es el punto central geométrico de la pupila.

El término "vergencia" designa, además, el movimiento de al menos un ojo del usuario desde el eje que representa la prolongación hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de giro del ojo, tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta. Además, el término "vergencia" también comprende los movimientos de los dos ojos de un par de ojos del usuario, realizando cada uno de los dos ojos, independientemente entre sí, una rotación del ojo alrededor de su eje respectivo, que representa la prolongación hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de giro del ojo, tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta. En todas las explicaciones precedentemente mencionadas sobre la vergencia y divergencia de los dos ojos, la cantidad de rotación del ojo en los dos ojos puede estar acentuada de manera diferente. Esta manifestación diferente puede presentarse tanto cuando la rotación de ambos ojos es vergente o divergente, como cuando la rotación de uno de los dos ojos es vergente y la rotación del otro ojo es divergente.

Como ya se mencionó al comienzo, la acomodación y la vergencia del al menos un ojo del usuario, preferiblemente del par de ojos del usuario, no se pueden considerar de forma completamente independiente entre sí. Para un esfuerzo de acomodación definido, esto está asociado en cada caso con un esfuerzo de vergencia correspondiente. Más bien, una reducción en un error de acomodación por medio de lentes para gafas varifocales depende significativamente de una adición elegida. Asimismo, una imprecisión de la acomodación de voluntarios miopes supera a la de los voluntarios no miopes. Además, la cantidad de vergencia, ajustada para una distancia de acomodación determinada (también abreviada "AC/A" del inglés *accommodative convergence/accommodation*), en los miopes es mayor que la cantidad realmente necesaria, de modo que el error resultante es mayor que en voluntarios no miopes. Además, el término "vergencia" en relación con la presente invención también incluye la denominada "divergencia", que se manifiesta cuando se modifica la distancia desde el punto próximo al punto lejano, en la que los ojos también realizan un movimiento de rotación en direcciones opuestas alrededor de ejes paralelos entre sí que se alejan divergentemente de la línea central o en la que los ojos realizan una rotación del ojo independiente entre sí alrededor del eje respectivo del ojo que se aleja divergentemente de la línea central. Además, el término "vergencia" también incluye una "divergencia" que se manifiesta cuando se modifica la distancia del punto próximo al punto lejano y al menos un ojo del usuario realiza un movimiento del ojo alrededor del eje que representa la prolongación al infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de rotación del ojo, alejándose divergentemente de la línea central. También aquí, como se ha definido anteriormente, con el eje se quiere dar a entender en cada caso la prolongación hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de rotación del ojo. La línea central es también aquí, como ya se ha definido anteriormente, en cada caso la proyección vertical hacia el infinito a la mitad de la distancia de la pupila perpendicular a la longitud de la distancia de la pupila.

En particular, para determinar con la mayor precisión posible el cociente AC/A, que se define por la cantidad de vergencia que el al menos un ojo ajusta automáticamente para una determinada distancia de acomodación, de acuerdo con la invención, la determinación de las dos magnitudes acomodación y vergencia de uno o de los dos ojos del usuario tiene lugar conjuntamente. Los términos "determinar", "determinación", "detectar" y "detección" designan en este caso el cálculo de un valor que puede derivarse de al menos una magnitud de medición que puede medirse por medios técnicos y que está relacionada con el valor, en particular utilizando un unidad de evaluación. El término "detección" se refiere aquí a un registro de la al menos una magnitud de medición que puede medirse por medios técnicos, a partir de la cual se puede derivar el valor deseado, en particular utilizando la unidad de evaluación. El término "conjuntamente" designa en este caso la determinación de las dos magnitudes de medición en una estrecha relación temporal, preferentemente utilizando las magnitudes de medición detectadas por el mismo dispositivo, de forma especialmente preferente en una relación temporal, en particular simultánea o inmediatamente una después de la otra. De esta manera, conforme a la invención, la estrecha conexión mencionada anteriormente entre acomodación y vergencia puede representarse por medición con medios técnicos.

De acuerdo con la etapa a) del presente procedimiento tiene lugar una representación de al menos un símbolo en al menos una primera distancia delante de un ojo de un usuario para estimular la acomodación del ojo. El término "carácter" se refiere en este caso a optotipos, en particular letras, números o símbolos; imágenes o patrones que se pueden mostrar en color o en blanco y negro. Mientras que en el caso del "optotipo" se trata en cada caso de un carácter único y fijo, cuyas proporciones solo pueden ser modificadas por el usuario de forma limitada para que sea reconocible, el término "patrón" designa una estructura gráfica arbitraria que - especialmente en contraste con el ruido que permanece sin una estructura reconocible - dispone de al menos un período orientado en el espacio dentro del cual se repite preferiblemente la estructura del patrón. En lugar del término "patrón", también puede utilizarse entonces la expresión "patrón periódico" para expresar claramente esta propiedad del patrón, abarcando el término/la expresión aquí el mismo contenido conceptual.

La representación del al menos un carácter puede tener lugar monocularmente, en cada caso por separado para un ojo. Alternativamente, la representación del al menos un carácter puede visualizarse binocularmente conjunta y simultáneamente para los dos ojos de un par de ojos. La representación del al menos un carácter puede tener lugar en este caso de distintas maneras, en particular en una pantalla que se puede colocar a una distancia fija pero seleccionable delante del al menos un ojo del usuario. El término "pantalla" designa en este caso una visualización en pantalla controlable electrónicamente que dispone de una prolongación bidimensional, pudiendo representarse el al menos un carácter deseado en cualquier punto dentro de la extensión con parámetros seleccionables en gran parte libremente. En este caso, la pantalla puede elegirse preferiblemente entre un monitor, una pantalla o una pantallita, pudiendo controlarse la pantalla por la unidad de evaluación. La pantalla se puede configurar en este caso para mirar hacia arriba o, preferiblemente, para mirar a través. En este caso, la pantalla puede estar preferentemente rodeada por un aparato de comunicación móvil. La expresión "aparato de comunicación móvil" incluye en este caso, en particular, un teléfono móvil (teléfono celular), un teléfono inteligente o una tableta. Sin embargo, son imaginables otros aparatos de comunicación móviles. De esta forma, el presente procedimiento para determinar conjuntamente la acomodación y la vergencia de un ojo o de los dos ojos de un usuario puede llevarse a cabo en un lugar arbitrario. Sin embargo, son asimismo posibles otros tipos de pantallas.

En una ejecución alternativa, el al menos un carácter se puede representar mediante un dispositivo de proyección. En este caso, el dispositivo de proyección se puede configurar para proyectar al menos un carácter en un punto predeterminado en el espacio, que corresponde a la distancia fija pero seleccionable delante del al menos un ojo del usuario, en donde el dispositivo de proyección puede ser controlado por la unidad de evaluación. Alternativa o adicionalmente, el al menos un carácter puede proyectarse sobre el al menos un ojo del par de ojos de tal manera que el usuario puede reconocer el al menos un carácter virtualmente en el punto predeterminado en el espacio, que corresponde a la distancia fija pero seleccionable delante del al menos un ojo del usuario. Sin embargo, son imaginables otras ejecuciones para representar el al menos un carácter a la distancia deseada delante del al menos un ojo del usuario.

Debido a un control electrónico, en particular utilizando la unidad de evaluación, un parámetro del al menos un carácter representado se puede cambiar fácilmente y dentro de un amplio marco. En el caso del "parámetro" se puede tratar de una propiedad del al menos un carácter, dependiendo del carácter seleccionado, en particular una extensión, una orientación, una posición, una frecuencia, un contraste o un color (incluido el blanco y negro). En el caso del patrón, una estructura se puede representar repetidamente, pudiendo formarse puntos o zonas similares sobre la estructura del patrón como resultado de la repetición. Ejecuciones preferidas de puntos o zonas similares pueden estar presentes preferiblemente como máximos o mínimos periódicos del patrón. Mientras que en el caso de los parámetros seleccionados de un optotipo convencional, en particular una letra, un número o un símbolo, se puede tratar, a saber, de una extensión, en particular una altura o una anchura del carácter, en el caso del patrón periódico el parámetro se refiere preferiblemente a un parámetro de una función periódica, en particular una frecuencia de repetición. En este caso, la "función periódica" designa una instrucción para una ejecución de un cambio en el patrón repetido temporalmente o preferiblemente en el espacio. La función periódica puede seleccionarse preferentemente entre una función seno, una función coseno o una superposición de las mismas. Sin embargo, son imaginables otras funciones periódicas.

En una ejecución preferida, el al menos un carácter representado puede ser un patrón, comprendiendo el parámetro asociado del patrón al menos una frecuencia espacial del patrón periódico. La expresión "frecuencia espacial" designa en este caso al recíproco de una distancia en el espacio, que en la unidad 1/m o, en particular, si se conoce una distancia desde el al menos un ojo del usuario, alternativa o adicionalmente también como cifre adimensional, por ejemplo, por grado o por ciclo, entre dos puntos adyacentes del mismo tipo, en particular un máximo o un mínimo, se puede especificar en un cambio periódico en el espacio del patrón. Sin embargo, son imaginables otras formas de determinar la frecuencia espacial a partir del patrón, por ejemplo, a partir de una distancia entre puntos de la misma intensidad.

En esta ejecución preferida, el patrón periódico puede estar configurado como una superposición bidimensional de una función periódica, en particular la función seno, que puede extenderse en una primera dirección, y una función constante, que puede extenderse en una segunda dirección, que puede estar dispuesta preferiblemente perpendicular a la primera dirección. El término "perpendicular" designa en este caso un ángulo de  $90^\circ \pm 30^\circ$ , preferentemente de  $90^\circ \pm 15^\circ$ , de forma especialmente preferente de  $90^\circ \pm 5^\circ$ , en particular de  $90^\circ \pm 1^\circ$ , en cada caso con respecto a la primera dirección. Sin embargo, también son posibles otros ángulos entre la primera dirección y la segunda dirección. De esta manera, el patrón puede presentarse en forma de franjas periódicamente yuxtapuestas, que también pueden designarse como "rejilla sinusoidal" o "parche de Gabor". La expresión "parches de Gabor" designa rejillas sinusoidales, que habitualmente están provistas de una envolvente gaussiana, y que son conocidas por poder ser utilizadas particularmente como estímulo para al menos un ojo del usuario. Sin embargo, son posibles otros tipos de patrones.

Conforme a la etapa b), tiene lugar una detección de un movimiento del al menos un ojo. De acuerdo con la invención, la detección de un movimiento del ojo, preferiblemente al menos una métrica de movimiento del ojo seleccionada, en particular, utilizando la unidad de evaluación, sirve para determinar la vergencia buscada, por

5 • movimientos en sentidos opuestos de los dos ojos de un par de ojos del usuario, en donde cada uno de los dos ojos realiza una rotación del ojo alrededor de ejes paralelos entre sí, cada uno de los cuales representa una prolongación al infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de rotación del ojo, en una dirección de rotación opuesta en cada caso tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta, o

10 • el movimiento de al menos un ojo del usuario desde el eje que representa la prolongación hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de giro del ojo, tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta, o

15 • movimientos de los dos ojos de un par de ojos del usuario, en donde cada uno de los dos ojos detecta y evalúa independientemente entre sí, una rotación del ojo alrededor de su eje respectivo, que representa la prolongación hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de giro del ojo, tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta. El centro de rotación del ojo es el centro geométrico de rotación del ojo. La línea central es la proyección vertical hasta el infinito a la mitad de la distancia de la pupila perpendicular al tramo de la distancia de la pupila. En todas las explicaciones precedentemente mencionadas sobre la vergencia y divergencia de los dos ojos, la cantidad de rotación del ojo en los dos ojos puede estar acentuada de manera diferente. Esta manifestación diferente puede presentarse tanto cuando la rotación de ambos ojos es vergente o divergente, como cuando la rotación de uno de los dos ojos es vergente y la rotación del otro ojo es divergente.

25 En una ejecución preferida de la presente invención, como se explica con más detalle más adelante, la detección de un movimiento del ojo también puede servir para determinar la refracción del al menos un ojo según la etapa c), para lo cual se puede emplear, por ejemplo, el procedimiento descrito en el documento WO 2020/216790 A1 o preferiblemente al menos un dispositivo de medición de la refracción seleccionado del grupo que comprende al menos un aberrómetro de Shack-Hartmann, al menos un fotorrefractor excéntrico y al menos un sistema de enfoque automático. El dispositivo de medición de la refracción comprende de manera particularmente preferida al menos un aberrómetro de Shack-Hartmann. En este caso, se puede utilizar un aberrómetro de Shack-Hartmann como sensor óptico, el cual puede comprender, por ejemplo, al menos una matriz de microlentes y al menos un sensor de cámara y se utiliza para registrar la refracción, así como errores de orden superior del al menos un ojo. Un fotorrefractor excéntrico sirve asimismo como sensor óptico para registrar al menos un reflejo de luz, pudiendo el fotorrefractor comprender al menos un sensor de cámara y opcionalmente una fuente de luz dispuesta excéntricamente, por ejemplo una fuente de luz infrarroja. El fotorrefractor comprende preferiblemente al menos un sensor de cámara y una fuente de luz dispuesta excéntricamente. La refracción del al menos un ojo se puede calcular a partir del al menos un reflejo de luz. Para generar al menos un reflejo de luz, la fuente de luz no debe ser parte del fotorrefractor excéntrico, sino que puede estar dispuesta independientemente de éste. Un sistema de enfoque automático también sirve como sensor óptico para registrar la refracción de al menos un ojo, determinándose la refracción mediante la optimización de al menos una calidad óptica, preferiblemente la nitidez de la imagen y/o el contraste de la imagen, en al menos un sensor de cámara. La optimización tiene lugar preferentemente por medio de diferentes enfoques ópticos y evaluación de la calidad óptica de las grabaciones de cámara detectadas por el al menos un sensor de cámara para el respectivo enfoque óptico. El al menos un dispositivo de medición de la refracción puede comprender, además, al menos una lente y/o al menos un diafragma. El al menos un dispositivo de medición de la refracción comprende preferiblemente al menos un fotorrefractor excéntrico o al menos un sistema de enfoque automático puede, por ejemplo, ser componente de al menos un aparato terminal móvil o puede estar conectado a al menos un aparato terminal móvil, por ejemplo en forma de i) al menos una cámara o ii) al menos una fuente de luz y al menos una cámara o al menos un receptor de luz, en cada caso del al menos un aparato terminal móvil.

50 La expresión "métrica de movimiento del ojo" designa en este caso una medida que está vinculada a un movimiento del al menos un ojo del usuario, siendo provocado el movimiento del al menos un ojo del usuario por el estímulo externo que actúa sobre el al menos un ojo del usuario en forma de al menos un carácter. En el marco de la presente invención, la métrica del movimiento del ojo puede referirse preferentemente con movimientos del ojo de sentidos opuestos de los dos ojos de un par de ojos del usuario, en donde cada uno de los dos ojos realiza una rotación del ojo alrededor de ejes mutuamente paralelos, cada uno de los cuales representa una prolongación hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de rotación del ojo, en una dirección de rotación opuesta respectiva, tanto a la línea central como alejándose divergentemente de ésta; movimientos de los ojos de al menos un ojo del usuario desde el eje que representa la prolongación de la línea de unión hasta el infinito entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de rotación del ojo, tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta; movimientos de los dos ojos de un par de ojos del usuario, en donde cada uno de los dos ojos realiza independientemente entre sí una rotación del ojo alrededor de su eje respectivo, que representa la extensión hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de rotación del ojo, tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta; un movimiento de seguimiento de los ojos; un movimiento del ojo relacionado con microsacadas que comprende una dirección de microsacadas, una tasa de microsacadas o una precisión de sacadas; o nistagmo optocinético. Otras métricas de movimientos de los ojos pueden comprender, por ejemplo, un tiempo de permanencia leyendo con fluidez al menos un carácter representado, también denominado "tiempo de fijación". Asimismo se pueden registrar otros tipos de movimientos de los ojos. Qué tipo de métrica de

movimiento de los ojos o qué combinación de al menos dos métricas de movimiento de los ojos se utilice depende esencialmente de la precisión de un dispositivo utilizado para este propósito, así como del propósito de uso respectivo. Mientras que movimientos de los dos ojos de un par de ojos del usuario, en donde cada uno de los dos ojos realiza una rotación del ojo alrededor de ejes mutuamente paralelos, cada uno de los cuales representa una prolongación hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de rotación del ojo, en una dirección de rotación opuesta respectiva, tanto a la línea central como alejándose divergentemente de ésta, movimientos de los ojos de al menos un ojo del usuario desde el eje que representa la prolongación de la línea de unión hasta el infinito entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de rotación del ojo, tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta o movimientos independientes entre sí de los dos ojos de un par de ojos del usuario, en donde cada uno de los dos ojos realiza independientemente entre sí una rotación del ojo alrededor de su eje respectivo, que representa la prolongación hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de rotación del ojo, tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta, se pueden utilizar, en particular, para la determinación de la vergencia, movimientos de seguimiento de los ojos se adecuan preferiblemente para la determinación de la refracción.

La expresión "movimiento de seguimiento de los ojos" designa un movimiento del al menos un ojo, a través del cual el al menos un ojo sigue los movimientos del carácter representado, que es fijado por el al menos un ojo. En general, en el caso del movimiento de seguimiento de los ojos se trata de un movimiento lento del al menos un ojo con una velocidad angular de 0,5°/s a 50°/s, durante el cual una imagen del carácter permanece preferiblemente en la fóvea del al menos un ojo. Los movimientos de seguimiento de los ojos no pueden generarse arbitrariamente, sino que presuponen que el carácter representado realice un movimiento que al menos pueda seguir un ojo del usuario.

Métricas de movimiento de los ojos relacionadas con movimientos sacádicos o microsacádicos pueden utilizarse preferiblemente en el marco de la presente invención como una medida para determinar si el usuario reconoció o no como un estímulo el carácter representado. La expresión "movimiento sacádico" designa movimientos bruscos del objetivo de la mirada del al menos un ojo del usuario, que se realizan de manera específica, que presentan una pequeña amplitud de al menos 1° y que sirven, en particular, para realinear rápida y regularmente un línea de visión del al menos un ojo a un punto de fijación, preferentemente porque la imagen de un carácter situado en el punto de fijación se desplaza desde una periferia a la fóvea del al menos un ojo. Una "tasa sacádica" asciende típicamente a 1 Hz hasta 5 Hz, pudiéndose alcanzar una velocidad angular de 5°/s a 500°/s. El término "microsacada" designa pequeños movimientos de mirada bruscos e involuntarios que no se pueden relacionar con un objetivo, que se producen al azar y cuya amplitud es menor que 1°. La "dirección de microsacada" se refiere a una orientación en el espacio de la microsacada en relación con un sistema de coordenadas, preferiblemente un sistema de coordenadas establecido por el carácter representado. En este caso, la orientación relativa al carácter visualizado puede servir como medida de reconocimiento. La "precisión sacádica" se refiere a una precisión en el espacio de un realineamiento con respecto a una nueva posición de un estímulo. Si el estímulo puede percibirse peor después del realineamiento, el error del realineamiento esperado es mayor.

Alternativa o adicionalmente, las métricas del movimiento de los ojos, que se refieren al nistagmo optocinético, se pueden utilizar preferiblemente como una medida para determinar si el usuario reconoció o no el carácter representado como un estímulo. La expresión "nistagmo optocinético" designa un reflejo fisiológico del movimiento de los ojos, que se caracteriza por una fase lenta y una rápida. En este caso, la fase lenta de un movimiento de seguimiento corresponde a la velocidad de un estímulo en movimiento en el entorno. Puede utilizarse una correlación de la fase o de la velocidad del estímulo con la fase lenta del nistagmo optocinético como una medida de si un usuario reconoce el estímulo. Además, es imaginable utilizar una correlación de la fase o la velocidad del estímulo con la fase rápida del nistagmo optocinético como medida de si un usuario reconoce el estímulo.

Para registrar las métricas del movimiento de los ojos, se puede emplear un dispositivo de medición del movimiento de los ojos, que también se denomina "seguidor ocular" y controlar, en particular utilizando la unidad de evaluación. El dispositivo de medición del movimiento de los ojos puede incluir preferiblemente una cámara, de manera particularmente preferible una cámara de video, en particular para poder llevar a cabo un "seguimiento de los ojos" basada en video, preferiblemente registrando secuencias de imágenes de una zona de los ojos del usuario y evaluando mediante procesamiento de imágenes para determinar a partir de ello al menos una de las métricas de movimiento de los ojos. Para ello, se pueden emplear, en particular, algoritmos conocidos en cada caso. Además, a partir de las secuencias de imágenes recogidas, por medio del procesamiento de imágenes, en particular utilizando la unidad de evaluación, se pueden continuar determinando datos geométricos del al menos un ojo, preferiblemente su pupila, en particular la posición y el diámetro de su pupila y, a partir de ello, por ejemplo, se puede determinar la dirección visual del al menos un ojo. Para ello se pueden emplear procedimientos, en particular utilizando la unidad de evaluación, que incluyen puntos de reflexión seleccionados que pueden formarse en la parte delantera y/o trasera de la córnea y el cristalino cuando el al menos un ojo es iluminado por una fuente de luz. En particular, puede determinarse una dirección visual a partir del reflejo de la córnea y la posición de la pupila, véase, por ejemplo, P. Blignaut, Mapping the Pupil-Glint Vector to Gaze Coordinates in a Simple Video-Based Eye Tracker, Journal of Eye Movement Research 7(1):4, páginas 1-11, 1995. En principio, sin embargo, también se pueden registrar otros reflejos, en particular por medio del llamado "Seguidor Ocular Doble de Purkinje". Dado que el reflejo de la córnea no se mueve sin el movimiento de la cabeza, pero la pupila cambia de posición durante el movimiento del ojo, la rotación del ojo se puede deducir de esto. La "pupila" designa en este caso una abertura de entrada presente en cada uno de los ojos a través

de la cual la radiación en forma de luz puede penetrar en el interior del ojo. En la dirección opuesta, la pupila se puede ver como una abertura de salida a través de la cual se puede determinar la dirección visual del usuario desde el ojo hasta el entorno.

5 Además, puede estar previsto un dispositivo de iluminación, en particular para poder registrar la métrica del movimiento de los ojos del usuario con una resolución lo más alta posible y un contraste lo más alto posible por medio de la cámara, en particular la videocámara. Alternativa o adicionalmente, se puede recurrir a la luz del día o una iluminación ya existente. En este caso, el dispositivo de iluminación puede estar diseñado como una fuente de luz que puede estar comprendido por el dispositivo de medición del movimiento de los ojos o puede diseñarse como un dispositivo separado.

10 En una ejecución particular, la cámara, en particular la cámara de video, puede presentar una sensibilidad en el intervalo del espectro infrarrojo, es decir, en una longitud de onda de 780 nm a 1 mm, preferiblemente de 780 nm a 3 μm, en particular de 780 nm a 1,4 μm (según la Norma DIN EN ISO 13666:2013-10, Apartado 4.4, también designada "IR-A"). Para proporcionar radiación infrarroja, la fuente de luz prevista para ello puede irradiar en el intervalo del espectro infrarrojo, en particular con una longitud de onda para la que la cámara presenta una sensibilidad suficiente. La fuente de luz se puede elegir preferiblemente de una microlámpara incandescente, un emisor de IR de estado sólido, un diodo emisor de luz o un láser infrarrojo, y se pueden utilizar filtros correspondientes.

15 Conforme a la etapa c) tiene lugar una determinación de una refracción del al menos un ojo cuando se acomoda el al menos un ojo en la al menos una primera distancia. Como se explica con más detalle a continuación, la refracción del al menos un ojo se puede determinar mediante un dispositivo de medición de la refracción que está diseñado para registrar la refracción del al menos un ojo, en donde el control del dispositivo de medición de la refracción puede tener lugar utilizando la unidad de evaluación. En este caso, el dispositivo de medición de la refracción puede comprender, como se da a conocer, p. ej., en el documento US 2012/0287398 A1, una serie de elementos ópticos que están diseñados para determinar el desenfoque de al menos un ojo del usuario. Una ejecución preferida del dispositivo de medición de la refracción se representa en los ejemplos de realización con referencia a la Figura 2. Sin embargo, son posibles otros tipos de ejecución del dispositivo de medición de la refracción.

20 En una ejecución alternativa, la refracción del ojo puede tener lugar mediante la detección del movimiento del al menos un ojo del usuario, preferiblemente conforme a la etapa b). Como se da a conocer en el documento WO 2020/216790 A1, la detección del movimiento del al menos un ojo del usuario puede tener lugar, en particular, utilizando la unidad de evaluación, en función del carácter mientras se modifica un parámetro del carácter, pudiendo determinar un momento en el que resulta un umbral de reconocimiento del usuario para el carácter a partir del movimiento de los ojos, en donde la refracción del al menos un ojo puede determinarse a partir de los parámetros para el carácter especificados en ese momento. La detección del movimiento de los ojos se puede repetir en este caso para diferentes valores del parámetro, preferiblemente hasta que se haya establecido el momento deseado. En este caso, la expresión "umbral de reconocimiento" designa que el usuario apenas o solo entonces puede percibir el carácter representado como un estímulo para el al menos un ojo. Si uno de los parámetros del carácter, en particular la frecuencia espacial en el patrón periódico, aumenta, en este caso se puede determinar el momento en el que el carácter ya no puede actuar como estímulo para el al menos un ojo del usuario. A la inversa, si uno de los parámetros del carácter, en particular la frecuencia espacial en el patrón periódico, disminuye de manera creciente, en este caso se puede determinar el momento en el que el carácter representado ya no puede actuar como estímulo para el al menos un ojo del usuario. Alternativamente, también, por ejemplo, si uno de los parámetros del carácter, en particular la frecuencia espacial en el patrón periódico, disminuye de forma creciente, en este caso se puede determinar el momento en el que el carácter puede actuar precisamente como estímulo para el al menos un ojo del usuario. A la inversa, en este caso, en el supuesto de que uno de los parámetros del carácter, en particular la frecuencia espacial en el patrón periódico, aumente de forma creciente, en este caso se puede determinar el momento en el que el carácter representado puede actuar por primera vez como estímulo para el al menos un ojo del usuario.

25 En una ejecución particular de la presente invención, el momento en el que a partir de la reacción del usuario resulta el umbral de reconocimiento del usuario para el carácter representado puede determinarse porque la métrica del movimiento de los ojos del usuario simplemente sigue el movimiento del carácter representado o solo entonces comienza a seguirlo. En particular, para ello el movimiento de seguimiento de los ojos del usuario, con el que sigue los movimientos de un carácter que está fijado por el al menos un ojo, puede utilizarse para determinar el momento deseado, especialmente porque, como se mencionó anteriormente, los movimientos de seguimiento de los ojos no pueden generarse arbitrariamente, sino que siguen el movimiento del carácter representado, que sirve como estímulo para el al menos un ojo del usuario. En este caso, el momento deseado en el que el umbral de reconocimiento del usuario para el carácter visualizado, en particular la frecuencia espacial del patrón, puede determinarse a partir de la métrica del movimiento de los ojos del usuario. Para ello, preferiblemente los datos para registrar el movimiento de los ojos del usuario, que registró la cámara de video, pueden utilizarse para determinar la dirección visual del usuario al carácter representado. En el caso de una disminución creciente de uno de los parámetros del carácter, en particular la frecuencia espacial en el patrón periódico, el movimiento de seguimiento de los ojos del usuario corresponderá al movimiento del carácter siempre que el usuario pueda reconocer el carácter representado. Si se alcanza un momento en el que el usuario ya no puede reconocer justo el carácter representado, en particular el patrón periódico, y que, por lo tanto, ya no puede actuar como un estímulo para el al menos un ojo del usuario, entonces el movimiento de

seguimiento de los ojos del usuario se desvía del movimiento del carácter. A la inversa, si se alcanza un momento en el que el usuario puede reconocer por primera vez justo el carácter representado, en particular el patrón periódico, y que, por lo tanto, puede actuar por primera vez como un estímulo para el al menos un ojo del usuario, entonces el movimiento de seguimiento de los ojos del usuario comenzará a seguir el movimiento del carácter. Independientemente del tipo de ejecución, en este caso se puede establecer preferentemente un umbral, mediante el cual se establece como el momento buscado un grado de desviación del movimiento de seguimiento de los ojos del usuario con respecto al movimiento del carácter. El momento en el que la desviación supera o cae por debajo del umbral establecido representa en este caso el momento buscado.

Preferiblemente, a continuación del establecimiento del momento puede tener lugar la determinación de un valor para la refracción del al menos un ojo del usuario a partir del valor del parámetro que se utilizó en el momento establecido para ajustar el parámetro seleccionado del carácter. En la ejecución descrita anteriormente, el valor de la refracción se puede determinar en este caso a partir de la frecuencia espacial del patrón establecido en el momento, que también puede ser una frecuencia límite del patrón, de la que a partir de la observación de la métrica del movimiento de los ojos del usuario resulta el umbral de reconocimiento del usuario para el carácter representado. La "frecuencia límite" designa en este caso a la frecuencia espacial del patrón en la que la sensibilidad al contraste se vuelve cero o el contraste del estímulo se vuelve máximo. Esta frecuencia también se puede considerar como el límite de resolución del sistema visual. La expresión "sensibilidad al contraste" del al menos un ojo define en este caso una medida para diferenciar entre diferentes tonos de grises como el valor recíproco de la diferencia más pequeña entre dos valores de gris que justo aún se puede percibir. Las expresiones Los términos "agudeza visual" y "capacidad de resolución" del al menos un ojo del usuario dan en este caso una medida de una distancia espacial respectiva entre dos puntos que el al menos un ojo del usuario todavía puede percibir como distinguibles. En la ejecución descrita anteriormente, la sensibilidad al contraste se puede determinar por medio de un patrón periódico en forma de tiras dispuestas periódicamente una al lado de la otra, que también se designa como "rejilla sinusoidal" o "parche de Gabor". Como se describe en A. Leube et al., Individual neural transfer function affects the prediction of subjective depth of focus, Scientific Reports 2018, 8(1), 1919, para ello se utilizan preferiblemente los parches de Gabor, cuyo contraste se reduce hasta que ya no se perciba patrón de rayas alguno. A este valor de contraste se recurre como umbral de reconocimiento. Este proceso se repite para diferentes frecuencias espaciales. Para más detalles, se remite a los ejemplos de realización.

Independientemente de cómo se determine la refracción que se produce en el usuario, a partir de esto se puede determinar una lente esferocilíndrica, que se puede utilizar como lente para gafas para compensar el error de refracción del al menos un ojo que provoca un desenfoque de tal manera que se puede lograr una calidad de imagen lo más óptima posible para el usuario. Diferentes modos de representación son adecuados para describir la lente esferocilíndrica. La Norma DIN EN ISO 13666:2013-10, también denominada "Norma" en lo que sigue, establece en el apartado 11.2 un denominad "poder refringente esférico", que está definido como valor de refracción en el vértice de una lente para gafas con una potencia esférica o para el respectivo valor de refracción en el vértice en una de dos secciones principales de la lente para gafas con un efecto astigmático. Según la Norma 9.7.1 y 9.7.2, el "valor de refracción en el vértice" se define como el recíproco de una distancia focal paraxial de un punto focal del lado de la imagen, medido en metros en cada caso. Según la Norma, Apartado 12, la lente para gafas esferocilíndrica con poder astigmático une un haz de luz paralelo y paraxial en dos líneas focales separadas perpendiculares entre sí y, por lo tanto, solo posee un valor de refracción en el vértice esférico en las dos secciones principales. El "efecto astigmático" se establece en este caso por la fuerza del cilindro y la posición del eje. En este caso, la "potencia del cilindro" según la Norma, 12.5, representa la cantidad de una "diferencia astigmática" que indica la diferencia entre los valores de refracción en el vértice en los dos cortes principales. La "posición del eje" designa, conforme a la Norma 12.6, una dirección del corte principal, cuyo valor de refracción en el vértice se utiliza como valor de referencia. Finalmente, según la Norma 12.8, la "potencia" de la lente para gafas con efecto astigmático se indica mediante tres valores que comprenden los valores de refracción en el vértice de cada uno de los dos cortes principales y la potencia del cilindro. Además, la descripción de la lente esferocilíndrica puede tener lugar mediante la indicación de un "vector de refracción" (*power vector*) según L. N. Thibos, W. Wheeler y D. Horner (1997), Power Vectors: An Application of Fourier Analysis to the Description and Statistical Analysis of Refractive Error, Optometry and Vision Science 74 (6), pp. 367-375. El vector de refracción, que se puede describir mediante exactamente un punto en un espacio dióptrico tridimensional, en donde el espacio dióptrico tridimensional se puede abarcar mediante coordenadas, corresponde o bien se correlaciona con la refracción esférica media y la potencia del cilindro, así como de la posición del eje asociada.

Conforme a la etapa d), la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia del al menos un ojo tiene lugar, en particular, utilizando la unidad de evaluación, por un lado mediante la determinación de un cambio en la refracción del al menos un ojo durante la acomodación del al menos un ojo en la al menos una primera distancia opuesta a la acomodación del al menos un ojo en una segunda distancia y, por otro lado, determinando la vergencia del al menos un ojo a partir del movimiento del al menos un ojo durante la acomodación del al menos un ojo en la al menos una primera distancia. De manera especialmente preferida, se puede determinar en este caso la variable "AC/A" mencionada anteriormente, es decir, la cantidad para la vergencia que el al menos un ojo ajusta automáticamente para una distancia de acomodación determinada.

De acuerdo con la invención, la determinación del cambio en la refracción del al menos un ojo tiene lugar cuando se acomoda en la al menos una primera distancia con respecto a su acomodación en al menos una segunda distancia

que difiere de la primera. Para ello, tiene lugar una modificación de la fijación del al menos un ojo del usuario de una segunda distancia a una primera distancia, encontrándose el carácter representado según la etapa a) y proyectado lo más nítidamente posible sobre el plano retiniano del al menos un ojo primero en la segunda distancia y, a continuación de ello, en la primera distancia. En este caso, tanto la primera distancia como la segunda distancia se encuentran entre el punto próximo y el punto lejano del al menos un ojo, en donde en una ejecución preferida se puede seleccionar la al menos una primera distancia para un estado acomodado del al menos un ojo y la segunda distancia para un estado sin acomodación del al menos un ojo. Por consiguiente, en una realización particularmente preferida del presente procedimiento, la determinación de la refracción del al menos un ojo del usuario puede determinarse en al menos dos distancias diferentes entre sí del carácter representado delante del al menos un ojo.

Preferiblemente para al menos dos, de preferencia al menos tres, al menos cuatro, al menos cinco o al menos seis primeras o segundas distancias, se pueden elegir, por un lado, valores de 15 cm a 60 cm, de manera particularmente preferida de 20 cm a 50 cm, en particular de aproximadamente 20 cm, 25 cm, 40 cm y 50 cm, en los que se presenta un estado acomodado del al menos un ojo, y, por otro lado, un valor de al menos 1 m, preferentemente de al menos 1,5 m, de forma especialmente preferente de al menos 2 m, delante del al menos un ojo, que en este caso adopta esencialmente un estado sin acomodación. Sin embargo, es posible un número diferente de distancias para las que se lleva a cabo la determinación de la refracción, así como otros valores para las distancias seleccionadas en cada caso. Mediante la determinación de valores para la refracción en dos o más primeras distancias que difieren entre sí, se puede obtener ventajosamente una curva de medición a partir de la cual se posibilita una evaluación del cambio en la refracción con mayor precisión. Sin embargo, son imaginables otras formas de determinar el cambio en la refracción en el caso de un cambio en la primera o segunda distancias.

En una ejecución particular, que se puede emplear de manera preferente, en particular, en el caso de un control del transcurso de la determinación conjunta de acomodación y vergencia de al menos un ojo del usuario a lo largo de un período de tiempo, por ejemplo a lo largo de una o más semanas, a lo largo de al menos un mes, al menos un trimestre o al menos un año, se puede renunciar a una medición actual de la refracción durante la acomodación del al menos un ojo en la segunda distancia y en su lugar se puede utilizar un valor conocido de la refracción durante la acomodación del al menos un ojo en la segunda distancia, preferiblemente a partir de una determinación anterior de este valor, independientemente de si este valor se determinó con el presente procedimiento o con otro procedimiento. Para ello puede servir una determinación anterior del valor de la refracción del al menos un ojo en estado libre de acomodación con un refractómetro convencional tal como el registrado en un pasaporte de gafas para el usuario. En esta ejecución particular, por lo tanto, puede ser suficiente registrar con medios técnicos actualmente al menos un valor para la refracción durante la acomodación del al menos un ojo en la primera distancia y para la determinación de la modificación en la refracción de al menos un ojo durante la etapa d) recurrir a un valor conocido para la refracción del al menos un ojo cuando se acomoda a la segunda distancia.

Conforme a la invención, por consiguiente, tiene lugar conjuntamente la determinación de la vergencia del al menos un ojo a partir del movimiento de los ojos del al menos un ojo durante la acomodación del al menos un ojo en la al menos una primera distancia. Como se mencionó anteriormente, el término "vergenza" designa

- movimientos en sentidos opuestos de los dos ojos de un par de ojos del usuario, en donde cada uno de los dos ojos realiza una rotación del ojo alrededor de ejes paralelos entre sí, cada uno de los cuales representa una prolongación al infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de giro del ojo, en una dirección de rotación opuesta en cada caso tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta, o
- el movimiento de al menos un ojo del usuario desde el eje que representa la prolongación hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de giro del ojo, tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta, o
- movimientos de los dos ojos de un par de ojos del usuario, en donde cada uno de los dos ojos, independientemente entre sí, realiza una rotación del ojo alrededor de su eje respectivo, que representa la prolongación hasta el infinito de la línea de unión entre el centro de la pupila de un ojo y su punto de giro del ojo, tanto hacia la línea central como alejándose divergentemente de ésta.

Por lo tanto, preferiblemente, la determinación de la vergencia del al menos un ojo puede tener lugar mediante la detección de una rotación del al menos un ojo durante la acomodación del al menos un ojo en la al menos una primera distancia. En una ejecución particularmente preferida, se puede registrar el reflejo de la córnea de la pupila del al menos un ojo relevante. Esto es especialmente ventajoso porque el reflejo de la córnea no se mueve sin un movimiento de la cabeza, pero la pupila cambia de posición durante el movimiento del ojo, de modo que la rotación del ojo puede deducirse de ello de forma fiable. Sin embargo, son imaginables otras formas de determinar la vergencia del al menos un ojo, en particular la rotación del ojo. En particular, se puede utilizar un movimiento del iris del al menos un ojo relevante o el "Seguidor Ocular Doble de Purkinje" mencionado anteriormente.

Para llevar a cabo la presente invención, se puede utilizar preferentemente un dispositivo para la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia de al menos un ojo de un usuario, comprendiendo el dispositivo:

- un dispositivo que está diseñado para la representación de un carácter en al menos una primera distancia delante del al menos un ojo de un usuario para estimular la acomodación del al menos un ojo;

5           • un dispositivo de medición del movimiento de los ojos, que está configurado para registrar al menos un movimiento del al menos un ojo; y

10           • una unidad de evaluación que está diseñada para la determinación conjunta de la acomodación de la modificación de la refracción y la vergencia a partir del movimiento de los ojos según el procedimiento aquí descrito.

15           En una ejecución preferida, el dispositivo puede comprender un dispositivo de medición de la refracción, descrito en otra parte del presente documento, que está diseñado para registrar la refracción del al menos un ojo. En este caso, el dispositivo de medición de la refracción se puede seleccionar preferentemente del grupo que comprende al menos un aberrómetro de Shack-Hartmann, al menos un fotorrefractor excéntrico y al menos un sistema de auto-enfoque. Se pueden utilizar diferentes longitudes de onda y trayectorias de haz para las variantes de realización. Alternativa o adicionalmente, la refracción del al menos un ojo se puede registrar por medio del dispositivo de medición del movimiento de los ojos. Para ello se remite a la representación correspondiente arriba o abajo.

20           En otra ejecución preferida, el dispositivo puede comprender una pantalla descrita en otra parte del presente documento, que está diseñada para representar el carácter deseado en la al menos una primera distancia y/o la segunda distancia delante del al menos un ojo. En particular, para ajustar la al menos una primera y/o segunda distancia de manera fija pero seleccionable, la pantalla puede estar dispuesta de manera móvil pero fijable. Alternativa o adicionalmente, puede estar previsto un dispositivo de proyección, como se describe anteriormente, que está diseñado para la representación del carácter sobre al menos un ojo del usuario. Preferiblemente, en este caso, el dispositivo de proyección puede presentar una lente Badal para la representación del carácter, estando dispuesta la lente Badal delante del al menos un ojo del usuario. La expresión "lente Badal" designa un elemento óptico que comprende al menos una lente y está diseñado para representar el carácter con un ángulo que siempre es el mismo.

30           En otra ejecución preferida, la unidad de evaluación puede disponer de un dispositivo para registrar una distancia del al menos un ojo del usuario a la pantalla o a la cámara. Para ello, mediante el tratamiento de imagen de una secuencia de imágenes captada por la cámara, en particular de la zona del contorno de los ojos del usuario, a partir de la determinación de una distancia de la pupila entre la cámara y el al menos un ojo del usuario, en particular cuando se presenta una calibración de los píxeles de la cámara en unidades espaciales, se puede realizar una determinación del diámetro de la pupila del al menos un ojo del usuario. En una ejecución preferida, pueden estar previstas al menos dos cámaras, que están dispuestas juntas en forma de una cámara estéreo y, por lo tanto, están configuradas para detectar la distancia del al menos un ojo del usuario a la pantalla. Alternativa o adicionalmente, el dispositivo puede comprender un distanciómetro que está diseñado para determinar la distancia de la pupila entre la cámara y el al menos un ojo del usuario.

40           En otra ejecución preferida, el dispositivo puede comprender dos dispositivos separados para representar un carácter, dos dispositivos separados para medir el movimiento de los ojos y, opcionalmente, dos dispositivos separados para medir la refracción, que pueden estar diseñados para la determinación simultánea y conjunta de la acomodación y la vergencia de los dos ojos del usuario.

45           Para definiciones y ejecuciones opcionales del dispositivo, incluidas las características enumeradas en el mismo, se remite a la descripción del procedimiento para determinar conjuntamente la acomodación y la vergencia del al menos un ojo del usuario en este documento.

50           En una forma de realización preferida, el dispositivo puede estar configurado como al menos un aparato terminal móvil. Para definiciones y ejecuciones opcionales del dispositivo como al menos un aparato terminal móvil, incluidas las características enumeradas en el mismo, se remite a la descripción del procedimiento para determinar conjuntamente la acomodación y la vergencia del al menos un ojo del usuario en este documento mediante al menos como al menos un aparato terminal móvil.

55           Mientras que el documento US 2012/0287398 A1 está diseñado para determinar la refracción de los ojos de un usuario, pudiendo estar previsto opcionalmente un control de la vergencia, la presente invención posibilita la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia de uno o de los dos ojos del usuario. Por lo tanto, el presente procedimiento y el dispositivo propuesto pueden, como se describe con más detalle más adelante, emplearse, en particular, para el control de la miopía de uno o de los dos ojos del usuario y en la fabricación de una lente para gafas o una lente de contacto para el ojo o para los ojos del usuario en cuestión.

65           En una ejecución preferida, el programa de computadora comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado por una computadora, hacen que la computadora realice un procedimiento para determinar valores para un control de la miopía en al menos un ojo de un usuario, empleándose para ello el procedimiento descrito aquí para la determinación conjunta de la acomodación y vergencia del al menos un ojo de un usuario, en donde la acomodación

y la vergencia determinadas conjuntamente del al menos un ojo del usuario conforme a la etapa e) se utilizan como los valores para el control de la miopía. En particular, para ello puede tener lugar un suministro optimizado e individualizado de voluntarios miopes con soluciones ópticas individualizadas para el control de la miopía.

5 En una ejecución preferida, el programa de computadora comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado por una computadora, hacen que la computadora realice un procedimiento para determinar valores para un control de la miopía de los ojos de un usuario, empleándose para ello el procedimiento descrito aquí para la determinación conjunta y, de manera particularmente preferida, simultánea de la acomodación y vergencia de los ojos de un usuario, en donde la acomodación y vergencia conjunta y, de manera particularmente preferida, simultánea de los ojos del usuario se utilizan como los valores para el control de la miopía.

10 En otra ejecución preferida, el programa de computadora comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado por una computadora, hacen que la computadora realice un procedimiento para determinar valores para un control de la miopía en al menos un ojo de un usuario mediante al menos un aparato terminal móvil, empleándose para ello el procedimiento descrito aquí mediante un aparato terminal móvil para la determinación conjunta de la acomodación y vergencia del al menos un ojo de un usuario, en donde la acomodación y la vergencia determinadas conjuntamente del al menos un ojo del usuario se utilizan como los valores para el control de la miopía.

15 En una ejecución preferida, el programa de computadora propuesto y el dispositivo aquí presentado pueden utilizarse inicialmente como una herramienta de detección, también por ejemplo utilizando al menos un aparato terminal móvil, para estimar los requisitos individuales de distintos usuarios miopes y las posibilidades de éxito en términos de una reducción de la progresión de la miopía mediante dispositivos ópticos adicionales, en particular por medio de lentes varifocales. En el marco de un tratamiento inicial, los parámetros de los dispositivos ópticos, por ejemplo, la fuerza de una adición y una inserción en el caso de lentes progresivas, pueden ajustarse individualmente a la acomodación y vergencia determinadas conjuntamente.

20 Después del tratamiento inicial, el programa de computadora propuesto y el dispositivo presentado pueden utilizarse para el control de la progresión. Si la acomodación y la vergencia determinadas conjuntamente de un usuario cambian con el tiempo, los parámetros de los dispositivos ópticos, por ejemplo, la fuerza de la adición y/o la inserción en el caso de lentes varifocales, se pueden adaptar individualmente al curso de la progresión de la miopía.

25 En un caso de ejemplo, se puede suponer que un usuario miope con una ametropía de -3,0 D presenta una imprecisión de acomodación de 0,75 D, mientras que una precisión de vergencia de 4  $\Delta D/D$  puede considerarse normal. A este usuario se le proporciona una lente varifocal especialmente diseñada para el control de la miopía, realizándose mediciones periódicas de control en el marco de un control de seguimiento. La potencia añadida de la lente varifocal reduce la imprecisión de la acomodación a 0,25 D y puede ralentizar la progresión de la miopía. Después de un período de 12 meses, por ejemplo, se establece que el valor de la imprecisión de la acomodación corresponde nuevamente al valor antes del tratamiento inicial, después de lo cual el valor de la adición se puede ajustar individualmente.

30 Con ello, el presente programa de computadora y el dispositivo también pueden utilizarse de forma especialmente preferente como valor predictivo del desarrollo de ametropía en el usuario.

35 La aplicación del programa de computadora propuesto y del presente dispositivo como herramienta de detección y/o para el control de seguimiento en el marco de un control de la miopía puede mejorarse fundamentalmente mediante la presencia de valores estándar, con ayuda de los cuales un usuario está en condiciones de decidir si se requiere un ajuste del control de la miopía y de qué forma. Hasta que dichos valores estándar estén disponibles, el procedimiento propuesto y el presente dispositivo pueden servir como un procedimiento de examen o bien dispositivo de examen estandarizado.

40 En otros aspectos, la presente invención se refiere a un dispositivo para el procesamiento de datos, soportes de datos legibles por computadora, señales de soporte de datos y medios legibles por computadora. Para configuraciones de estos aspectos, se remite al respectivo objeto de procesamiento de datos asociado, el soporte de datos, la señal del soporte de datos o el medio legible por computadora.

45 Como ya se ha mencionado, el programa de computadora propuesto aquí y el dispositivo presentado aquí para la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia de al menos un ojo de un usuario se adecuan particularmente para uso en un procedimiento para fabricar una lente para gafas para el al menos un ojo del usuario respectivo. Por una "lente para gafas" se entiende según la Norma, Apartados 8.1.1 y 8.1.2, una lente óptica que debe servir para corregir ametropías del ojo, siendo llevada la lente óptica delante del ojo del usuario pero no en contacto con el ojo. De acuerdo con este otro aspecto de la presente invención, la fabricación de la lente para gafas tiene lugar mediante el procesamiento de una lente en bruto o un producto semiacabado de lente para gafas, procesándose la lente en bruto o el producto semiacabado de lente para gafas con ayuda de datos de refracción, en donde los datos de refracción contienen valores para una acomodación y una vergencia del al menos un ojo del usuario, que se determinan según el procedimiento aquí descrito para la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia del al menos un ojo del usuario. Para configuraciones adicionales del procedimiento para fabricar una lente para gafas,

se hace referencia a la descripción anterior o posterior del procedimiento y el dispositivo para la determinación conjunta de la acomodación y la convergencia del al menos un ojo del usuario. Los datos de refracción comprenden preferiblemente la potencia dióptrica especificada como resultado de la determinación de la refracción para la corrección del poder visual del al menos un ojo del usuario. De acuerdo con la Norma, Apartado 9.3, el poder dióptrico es la expresión colectiva para el efecto de enfoque y el efecto prismático de una lente para gafas.

El programa de computadora según la invención y el dispositivo propuesto presentan numerosas ventajas frente a los dispositivos y programas de computadora convencionales. De manera especialmente ventajosa, una determinación objetiva conjunta de la acomodación y la vergencia del al menos un ojo del usuario puede tener lugar sin aparatos especiales, en particular sin requerir una respuesta subjetiva del usuario, p. ej., en forma de una entrada manual o acústica en el dispositivo. Además, no es necesaria ninguna manipulación por parte de personal especializado. Además, los presentes procedimientos y el dispositivo propuesto pueden emplearse como una herramienta de detección para examinar un posible riesgo con respecto a un desarrollo hacia la miopía y/o para controlar el progreso de una miopía ya existente, preferiblemente bajo la influencia de dispositivos ópticos adicionales, en particular lentes varifocales.

### Breve descripción de las Figuras

Otros detalles y características de la invención resultan de la siguiente descripción de ejemplos de realización preferidos, en particular en relación con las reivindicaciones dependientes. En este caso, las características respectivas se pueden implementar individualmente o en combinación entre sí. La invención no se limita a los ejemplos de realización. Los ejemplos de realización se muestran esquemáticamente en las Figuras. Números de referencia iguales en las distintas Figuras designan en este caso elementos que son iguales o tienen la misma función o bien se corresponden entre sí en términos de sus funciones. Muestran, en detalle:

La Figura 1,

un ejemplo de realización preferido de un dispositivo para la determinación conjunta de la acomodación y vergencia de al menos un ojo de un usuario;

la Figura 2,

un ejemplo de realización particularmente preferido del dispositivo para la determinación conjunta de la acomodación y vergencia del al menos un ojo de un usuario;

la Figura 3,

Una representación esquemática del modo de funcionamiento del procedimiento para la determinación conjunta de la acomodación y vergencia del al menos un ojo de un usuario; y

la Figura 4,

un ejemplo de realización preferido del procedimiento para la determinación conjunta de la acomodación y vergencia del al menos un ojo del usuario.

### Ejemplos de realización

La Figura 1 muestra, en representación esquemática, un ejemplo de realización preferido de un dispositivo 110 para la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia de uno o ambos ojos 112, 112' de un usuario. En este caso, en la Figura 1 se muestra esquemáticamente solo un ojo 112 del usuario, en donde el ojo 112 presenta una pupila 114 a través de la cual un rayo de luz 116 incide en un espacio interior 118 del ojo 112. Con ello tiene lugar una refracción de la luz designada como "refracción" en el ojo 112 del usuario. Además, el ojo 112 puede realizar una rotación 120 del ojo. Como se representa con más detalle en la Figura 3, los movimientos de los ojos en sentidos opuestos de los dos ojos 112, 112' de un par de ojos del usuario, en donde cada uno de los dos ojos 112, 112' realiza una rotación 120 del ojo alrededor de ejes 122 mutuamente paralelos en un dirección opuesta respectiva de rotación, se designan como "vergencia".

El dispositivo 110 propuesto comprende un dispositivo 124 para la representación de un carácter al menos a una distancia deseada delante del ojo 112 del usuario, siendo el carácter (no representado) adecuado para estimular la acomodación del ojo 112. El carácter comprende en este caso un optotipo seleccionado de una o varias letras, números, símbolos, imágenes o patrones, que se pueden representar en color o en blanco y negro. La representación del carácter puede tener lugar de forma monocular, es decir, en cada caso por separado para un ojo 112, o binocular, es decir, conjunta y simultáneamente para los dos ojos 112, 112' de un par de ojos. En este caso, como se representa esquemáticamente en la Figura 1, el dispositivo 124 puede presentar una lente fija 126 opcional, una lente móvil 128 y una pantalla 130. Sin embargo, es posible otra realización del dispositivo 124. En la realización según la Figura 1, como se representa en la Figura 1, el carácter se proyecta sobre el ojo 112 por medio del dispositivo 124 de tal manera

que el usuario puede reconocer el carácter virtualmente en el punto predefinido en el espacio, que corresponde a la distancia deseada delante del ojo 112 del usuario. En una realización alternativa (no representada), el dispositivo 110 puede presentar un dispositivo de proyección que está diseñado para proyectar el carácter en el lugar predefinido en el espacio, que corresponde a la distancia deseada delante del ojo 112 del usuario. En otra realización alternativa (no representada), el dispositivo 124 puede presentar una pantalla dispuesta a la distancia deseada delante del ojo 112 del usuario. En este caso, la pantalla puede elegirse de un monitor, una pantalla o una pantallita, pudiendo diseñarse la pantalla para mirar hacia arriba o, preferentemente, para mirar a través. Sin embargo, son imaginables otras realizaciones del dispositivo 124.

Además, el dispositivo 124 para representar el carácter del usuario puede estar diseñado para cambiar un parámetro del carácter, en donde el parámetro se refiere a una propiedad del carácter, en función del carácter, seleccionado de una extensión, orientación, frecuencia, contraste o color, incluyendo el blanco y negro, del carácter o parte del mismo. En el caso de un patrón periódico, el parámetro puede referirse a una estructura repetidamente representada, en particular a una disposición de máximos o mínimos periódicos, en particular a al menos una frecuencia espacial del patrón periódico. Además, el dispositivo 124 para la representación del carácter puede estar diseñado para realizar un movimiento del carácter, en particular de forma continua o a saltos, modificando el parámetro del carácter representado preferiblemente mientras el carácter representado ejecuta el movimiento. En este caso es irrelevante si el movimiento del carácter es solo aparente.

El dispositivo 110 propuesto comprende, además, un dispositivo de medición del movimiento de los ojos 132 que está diseñado para registrar un movimiento del ojo 112 y que, por lo tanto, también se denomina "seguidor ocular". El dispositivo de medición del movimiento de los ojos 132 puede comprender de manera particularmente preferida una cámara 134, de manera particularmente preferible una cámara de video, en particular para poder llevar a cabo un "seguimiento de los ojos" basado en video, preferiblemente registrando secuencias de imágenes de una zona de los ojos del usuario y evaluando mediante procesamiento de las imágenes para determinar a partir de ello al menos una de las métricas de movimiento de los ojos. Para ello, se pueden emplear, en particular, algoritmos conocidos en cada caso. La métrica del movimiento de los ojos se refiere en este caso a una medida que está asociada con el movimiento del ojo 112 del usuario, en donde el movimiento del ojo 112 del usuario es provocado por el carácter que actúa como estímulo. La métrica del movimiento de los ojos puede seleccionarse de: movimientos de los ojos en sentidos opuestos de los dos ojos 112, 112' del usuario; un movimiento de seguimiento del ojo; un movimiento del ojo que se refiere a microsacadas que comprende una dirección de microsacadas, una tasa de microsacadas o una precisión de sacadas; o nistagmo optocinético. Sin embargo, son posibles otros tipos de métricas de movimiento de los ojos, por ejemplo, una duración de la fijación. Una selección de las métricas del movimiento de los ojos depende esencialmente de una precisión del dispositivo de medición del movimiento de los ojos 132, así como del propósito de uso respectivo. Mientras que los movimientos de los ojos en sentidos opuestos se pueden utilizar, en particular, para determinar la vergencia, los movimientos de seguimiento de los ojos se pueden adecuar preferiblemente para determinar la refracción.

Además, los datos geométricos del ojo 112, preferiblemente de la pupila 114, en particular la posición y el diámetro de la pupila 114, se pueden determinar a partir de las secuencias de imágenes registradas mediante el procesamiento de imágenes y, a partir de ello, se puede determinar, por ejemplo, la dirección visual del ojo 112. Para ello se pueden emplear procedimientos, que incluyen puntos de reflexión seleccionados que pueden formarse en la parte delantera y/o trasera de la córnea y el cristalino cuando el ojo 112 es irradiado por una fuente de luz. En particular, se puede registrar un reflejo de la córnea u otro reflejo. Dado que el reflejo de la córnea no se mueve sin el movimiento de la cabeza, pero la pupila 114 modifica su posición durante el movimiento del ojo, de esto se puede deducir la rotación 120 del ojo. De acuerdo con la invención, la detección del movimiento de los ojos, en particular la rotación 120 del ojo, sirve para determinar la vergencia al registrar y evaluar los movimientos de los ojos en sentidos opuestos de los dos ojos 112, 112' del usuario, en donde cada uno de los dos ojos 112, 112' realiza una rotación 120 del ojo alrededor de ejes 122, 122' paralelos entre sí en una dirección de rotación opuesta.

Como se da a conocer en el documento WO 2020/216790 A1, el registro del movimiento del ojo 112 del usuario puede tener lugar en función del carácter, mientras se modifica al menos un parámetro del carácter. Para ello, los datos para registrar el movimiento de los ojos del usuario, que registró la cámara 134, pueden utilizarse para determinar la dirección visual del usuario al carácter representado. En el caso de una disminución creciente de uno de los parámetros del carácter, en particular la frecuencia espacial en el patrón periódico, el movimiento de seguimiento de los ojos del usuario corresponderá al movimiento del carácter siempre que el usuario pueda reconocer el carácter representado. Si se alcanza un momento en el que el usuario ya no puede reconocer justo el carácter representado, en particular el patrón periódico, y que, por lo tanto, ya no puede actuar como un estímulo para el ojo 112 del usuario, el movimiento de seguimiento de los ojos del usuario se desvía del movimiento del carácter. A la inversa, si se alcanza el momento en el que el usuario puede reconocer por primera vez justo el carácter representado, en particular el patrón periódico, y que, por lo tanto, puede actuar por primera vez como estímulo para el ojo 112 del usuario, el movimiento de seguimiento de los ojos del usuario comienza a seguir el movimiento del carácter. Independientemente del tipo de ejecución, en este caso se puede establecer preferentemente un umbral, mediante el cual se establece como el momento buscado un grado de desviación del movimiento de seguimiento de los ojos del usuario con respecto al movimiento del carácter. El momento en el que la desviación supera o cae por debajo del umbral establecido representa en este caso el momento buscado. A partir del establecimiento del momento puede tener lugar entonces

la determinación de un valor para la refracción del ojo 112 del usuario a partir del valor del parámetro que se utilizó en el momento establecido para ajustar el parámetro del carácter. Alternativamente, para ello se puede especificar un vector de refracción.

5 El dispositivo 110 propuesto comprende, además, una unidad de evaluación 136, que está diseñada para la determinación conjunta de la acomodación a partir de la modificación de la refracción y la vergencia del movimiento de los ojos. En este caso, entre el dispositivo de medición del movimiento de los ojos 132 y la unidad de evaluación 136 puede estar prevista una conexión 138 por cable o inalámbrica. Puede existir otra conexión 138 entre la unidad de evaluación 136 y el dispositivo 124 para la representación del carácter. De esta manera, la unidad de evaluación 136 también se puede emplear para controlar el dispositivo de medición del movimiento de los ojos 132 y el dispositivo 124 para la representación del carácter, en particular con el fin de ajustar el parámetro del carácter. Además, los resultados de la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia pueden ponerse a disposición del usuario o de otra persona, en particular un óptico u oftalmólogo, por ejemplo por medio de un monitor 140. Además, puede estar previsto un teclado 142 para introducir valores para el control antes mencionado. Sin embargo, son posibles otros tipos de realización del dispositivo de evaluación 136.

De acuerdo con la invención, la unidad de evaluación 136 está diseñada para realizar la determinación conjunta de la acomodación a partir de la modificación de la refracción y la vergencia a partir del movimiento de los ojos. Para ello se transmiten a la unidad de evaluación 136 datos del registro del movimiento de los ojos del usuario que ha registrado el dispositivo de medición del movimiento de los ojos 132. Además, debido al control electrónico del dispositivo 124, los parámetros del carácter 122 son conocidos y, por lo tanto, pueden ser utilizados por la unidad de evaluación 136 para la evaluación deseada. Más detalles sobre cómo determinar la acomodación y la vergencia se encuentran más adelante en la descripción de la Figura 3.

25 La Figura 2 muestra, en representación esquemática, un ejemplo de realización particularmente preferido del dispositivo 110 para la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia de los ojos 112, 112' de un usuario. Como se representa en la Figura 2, la refracción del ojo se puede determinar de manera particularmente preferida mediante un dispositivo de medición de la refracción 144 que está diseñado para registrar la refracción del ojo 112, en donde el control del dispositivo de medición de la refracción 144 puede tener lugar, en particular, utilizando la unidad de evaluación 136. En este caso, el dispositivo de medición de la refracción 144 puede comprender una lente 146, un diafragma 148 y un sensor óptico 150, que están diseñados para determinar el desenfoque del ojo 112 del usuario. Sin embargo, son posibles otros tipos de ejecución del dispositivo de medición de la refracción 144. Como se muestra esquemáticamente en la Figura 2, adicionalmente puede estar previsto un divisor de haz 154, en particular un espejo parcialmente transparente 156 y un espejo de desviación 158 opaco para aplicar una parte del rayo de luz 152 que es reflejado por el ojo 112 al dispositivo de medición de la refracción 144. Sin embargo, otros elementos ópticos o adicionales son imaginables para este propósito. Para más detalles del dispositivo 110 representado en la Figura 2, se remite a la descripción anterior del dispositivo 110 según la Figura 1.

En otra ejecución preferida, el dispositivo 110 según las Figuras 1 o 2 puede comprender dos dispositivos 124 separados para la representación de un carácter, dos dispositivos de medición del movimiento de los ojos 132 separados y, además de ello en la Figura 2, dos dispositivos de medición de la refracción 144 separados, que pueden estar diseñados para la determinación simultánea y conjunta de la acomodación y la vergencia de los dos ojos 112, 112' del usuario.

45 La Figura 3 muestra una representación esquemática del modo de funcionamiento del procedimiento para la determinación simultánea y conjunta de la acomodación y la vergencia de los ojos 112, 112' del usuario que se encuentran en una distancia 159 de la pupila (abreviado "IPD" del inglés *interpupillary distance*) y que en cada caso presentan una pupila 114, 114'. En esta representación, los dos ojos 112, 112' del usuario se fijan primero cada uno en un objetivo a una segunda distancia 160, que aquí está en el infinito  $\infty$ . En este caso, las direcciones visuales 162, 162' de los dos ojos 112, 112' están en cada caso alineadas a lo largo de los ejes mutuamente paralelos 122, 122'. Sin embargo, es posible otro valor para la segunda distancia 160, por ejemplo un valor de al menos 1 m, preferiblemente de al menos 1,5 m, de manera particularmente preferida de al menos 2 m, en la que el ojo 112 adopta esencialmente un estado sin acomodación.

55 En la representación adicional según la Figura 3, los dos ojos 112, 112' del usuario deberían entonces fijarse en un objetivo 164 a una primera distancia 166 para poder visualizar con la mayor nitidez posible en el plano de la retina del ojo el carácter que se encuentra en el objetivo 164. Para ello se pueden utilizar preferentemente al menos dos, preferentemente al menos tres, al menos cuatro, al menos cinco o al menos seis valores para la primera distancia 166, prefiriéndose valores de 15 cm a 60 cm, de manera particularmente preferida de 20 cm a 50 cm, en particular en aproximadamente 20 cm, 25 cm, 40 cm y 50 cm, en los que se presenta un estado acomodado del ojo. Para el ejemplo de realización presentado aquí a modo de ejemplo se establece un valor de 40 cm para la primera distancia 160; sin embargo, son posibles otros valores. Mediante la selección de dos o más primeras distancias 166 que difieren entre sí, se puede obtener ventajosamente una curva de medición, a partir de la cual se posibilita una evaluación con una mayor precisión, en particular a partir de una determinación de una pendiente de la curva de medición.

65

Para el caso de que los dos ojos 112, 112' no presenten un error de refracción, los dos ojos 112, 112', como se muestra esquemáticamente en la Figura 3, adoptarían direcciones visuales 168, 168' (líneas continuas), con el fin de fijar el objetivo 164 en la primera distancia 166. En el caso del valor de 40 cm establecido aquí a modo de ejemplo para la primera distancia 160, esto corresponde a una acomodación de 2,5 D. Una modificación de este tipo en las direcciones visuales 162, 162' a las direcciones visuales 168, 168' modificadas requeriría una convergencia 170, 170' de los dos ojos 112, 112' con el fin de corresponder al ángulo indicado en la Figura 3, lo cual se designa como "vergencia". Para ello, los dos ojos 112, 112' tendrían que realizar rotaciones 120, 120' de los ojos en sentidos opuestos en una dirección de rotación opuesta respectiva en torno al ángulo especificado alrededor de los ejes 122, 122' mutuamente paralelos.

Como ya se mencionó anteriormente, para determinar la vergencia se puede registrar un reflejo de la córnea de las pupilas 114, 114' de los dos ojos 112, 112'. Esto es especialmente ventajoso porque el reflejo de la córnea respectivo no se mueve sin un movimiento de la cabeza, sino que las pupilas 114, 114' cambian su posición respectiva durante el movimiento de los ojos, de modo que la rotación 120, 120' de los ojos correspondiente puede deducirse de forma fiable. Sin embargo, son posibles otras formas de determinar la vergencia de los dos ojos 112, 112'.

Sin embargo, si los dos ojos 112, 112' presentan cada uno un error de refracción, los dos ojos 112, 112' adoptarían diferentes direcciones de visión 172, 172' (líneas discontinuas), como se representa esquemáticamente en la Figura 3. Por ejemplo, si la acomodación fuera solo de 2,3 D en lugar de 2,5 D, entonces habría un error de acomodación de 0,2 D. Como resultado, el objetivo 164 que se encuentra en la primera distancia 166 parecería encontrarse en una ubicación 174 diferente en una primera distancia 176 aparente. El cambio resultante en las direcciones visuales 162, 162' a las direcciones visuales 172, 172' modificadas de forma divergente correspondería a un requisito de convergencia 178, 178' diferente de los dos ojos 112, 112' en el ángulo asimismo indicado en la Figura 3.

Sin embargo, para poder fijar el objetivo 164 a la primera distancia 166 correcta, el usuario necesita corregir en cada caso de la refracción de los dos ojos 112, 112' en un valor de 0,2 D, teniendo en cuenta la vergencia correspondiente de la dos ojos 112, 112' cuando los dos ojos 112, 112' están destinados a fijarse en el objetivo 164 a la primera distancia 166. Con ello, la determinación conjunta 220 aquí deseada de la acomodación y la vergencia de los ojos 112, 112' puede tener lugar mediante la determinación del cambio en la refracción de los ojos 112, 112' que se produce durante la acomodación en la primera distancia 166 en comparación con la acomodación en la segunda distancia 160, que corresponde aquí, a modo de ejemplo, a un valor de 0,2 D. De esta manera, en particular, se puede determinar un valor para la cantidad de vergencia AC, que se ajusta para una distancia de acomodación específica A (AC/A).

La Figura 4 muestra esquemáticamente un diagrama de flujo de un ejemplo de realización preferido de un procedimiento 210 para determinar conjuntamente la acomodación y la vergencia de los ojos del usuario, en donde se emplea un programa de computadora que comprende instrucciones que en la realización del programa mediante una computadora hacen que ésta ejecute el procedimiento 210.

De acuerdo con la etapa a), en este caso tiene lugar una representación 212 del carácter en al menos una primera distancia delante del ojo 112 del usuario para estimular la acomodación del ojo 112. Para ello, el dispositivo 124 para la representación de un carácter, que es adecuado para estimular la acomodación del ojo 112, puede emplearse en la al menos una distancia deseada delante del ojo 112 del usuario.

Conforme a la etapa b) tiene lugar, preferiblemente a continuación de ella, un registro 214 del movimiento del ojo 112 del usuario en función del carácter representado. Para ello puede emplearse, en particular, el dispositivo de medición del movimiento de los ojos 132, que está diseñado para registrar un movimiento del ojo 112 y que, por lo tanto, puede comprender preferiblemente una cámara 134, de manera particularmente preferida una cámara de video. De acuerdo con la invención, el registro del movimiento de los ojos sirve para determinar la vergencia buscada al registrar y evaluar los movimientos de los ojos en sentidos opuestos de los dos ojos 112 de un par de ojos del usuario, en donde cada uno de los dos ojos 112 realiza una rotación 120 del ojo alrededor de ejes 122 paralelos entre sí en una dirección de rotación opuesta en cada caso.

Conforme a la etapa c) tiene lugar una determinación 216 de la refracción del ojo 112 cuando se acomoda el ojo 112 en la al menos una primera distancia. En una ejecución preferida de la presente invención, el registro 214 del movimiento del ojo 112 del usuario también puede utilizarse adicionalmente para determinar 216 la refracción del ojo 112, para lo cual se utiliza, por ejemplo, el procedimiento descrito en la solicitud de patente europea WO 2020/216790 A1. Alternativa o adicionalmente, se puede realizar una medición 218 de la refracción del ojo 112 mediante el dispositivo de medición de la refracción 144 descrito anteriormente, que está diseñado para registrar la refracción del ojo 112 en el caso de la acomodación del ojo 112 al carácter que actúa como estímulo sobre el ojo 112.

Además, según la etapa d), la determinación conjunta 220 de la acomodación y la vergencia del ojo 112 del usuario tiene lugar mediante una determinación 222 de una modificación en la refracción del ojo 112 cuando el ojo 112 se acomoda en la al menos una primera distancia en comparación con la acomodación del ojo 112 en una segunda distancia y mediante determinación 224 de la vergencia del ojo 112 a partir del movimiento del ojo 112, en particular durante la rotación 120 de cada uno de los dos ojos 112 alrededor de ejes 122 mutuamente paralelos en una respectiva dirección de rotación opuesta, durante la acomodación del ojo 112 en la al menos una primera distancia.

5 En una realización especial, que se puede emplear preferentemente para un control de seguimiento de los dos ojos 112, 112' del usuario a lo largo de un período de tiempo, por ejemplo a lo largo de una o más semanas, meses, trimestres o años, se puede renunciar a una determinación actual 218, en particular una medición actual 218 de la refracción durante la acomodación de los ojos 112, 112' a la segunda distancia 160 y en su lugar se puede utilizar un valor conocido para la refracción durante la acomodación a la segunda distancia 160, preferiblemente de una determinación 216 anterior de este valor.

10 Los valores para la acomodación y la vergencia de los ojos 112, 112' del usuario obtenidos mediante el procedimiento 210 de acuerdo con la etapa e), se utilizan como valor para una modificación de una miopía en los ojos del usuario 112, 112', en particular como un valor predicho 226 para el desarrollo de ametropías en el usuario.

15 Estos valores también se pueden tener en cuenta al determinar los datos de refracción 228, que se utilizan para procesar una lente en bruto o un producto de lente para gafas semielaborado en un procedimiento para producir lentes para gafas para los ojos 112, 112' del usuario. En este caso, a partir de la determinación de la refracción y la vergencia, se puede determinar, en particular, una lente esferocilíndrica, que se puede utilizar como lente para gafas para compensar los errores de refracción que se producen como consecuencia del desenfoco de los ojos 112, 112', de modo que se pueda lograr la mejor calidad de imagen posible para el usuario.

20 **Lista de símbolos de referencia**

- 110  
dispositivo
- 25 112, 112'  
ojo
- 30 114, 114'  
pupila
- 116
- 35 rayo de luz
- 118
- 40 espacio interior
- 120, 120'  
rotación de los ojos
- 45 122, 122'  
eje
- 50 124  
dispositivo para representar un carácter
- 126
- 55 lente fija
- 128
- 60 lente móvil
- 130
- pantalla
- 65 132

	dispositivo de medición del movimiento de los ojos (seguidor ocular)
134	
5	(video-)cámara
136	
10	unidad de evaluación
138	
	conexión
15	140
	monitor
20	142
	teclado
	144
25	dispositivo de medición de la refracción
	146
	lente
30	148
	diafragma
35	150
	sensor óptico
40	152
	rayo de luz reflejado
	154
45	divisor de haz
	156
50	espejo parcialmente transparente
	158
	espejo de desviación
55	159
	distancia de la pupila
60	160
	segunda distancia
	162, 162'
65	dirección visual

	164	
		objetivo
5	166	
		primera distancia
	168, 168'	
10		dirección visual modificada
	170, 170'	
15		requisito de convergencia
	172, 172'	
		dirección visual modificada divergente
20	174	
		otra ubicación
25	176	
		primera distancia aparente
	178, 178'	
30		requisito de convergencia divergente
	210	
35		procedimiento
	212	
		representación del carácter
40	214	
		registro del movimiento de los ojos
45	216	
		determinación de la refracción
	218	
50		medición de la refracción
	220	
55		determinación conjunta de la acomodación y la vergencia
	222	
		determinación de una modificación en la refracción
60	224	
		determinación de la vergencia
65	226	

valor predicho

228

5

datos de refracción

## REIVINDICACIONES

1. Programa de computadora que comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado por una computadora, hacen que ésta realice un procedimiento (210), que comprende las siguientes etapas:
- 5 a) representar al menos un carácter al menos una primera distancia (166) delante del al menos un ojo (112, 112') de un usuario para la estimulación de la acomodación del al menos un ojo (112, 112') mediante un dispositivo (124) que está diseñado para la representación;
- b) registrar al menos un movimiento del al menos un ojo (112, 112') mediante un dispositivo de medición del movimiento de los ojos (132) que está diseñado para registrar al menos un movimiento del al menos un ojo (112, 112');
- 10 y
- c) determinar una refracción del al menos un ojo (112, 112') durante la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en la al menos una primera distancia (166) mediante al menos el dispositivo de medición del movimiento de los ojos (132) o un dispositivo de medición de la refracción (144) que está diseñado para registrar la refracción del al menos un ojo (112, 112'); y
- 15 d) determinar conjuntamente la acomodación y la vergencia del al menos un ojo (112, 112') mediante
- determinación de una modificación en la refracción del al menos un ojo (112, 112') cuando se acomoda el al menos un ojo (112, 112') a la al menos una primera distancia (166) con respecto a la acomodación del al menos un ojo (112, 112') a al menos una segunda distancia(160);
  - determinación de la vergencia del al menos un ojo (112, 112') a partir del al menos un movimiento del al menos un ojo (112, 112') durante la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en la al menos una primera distancia(166);
- 20 **caracterizado por**
- e) determinación de una modificación de una miopía del al menos un ojo (112, 112') del usuario a partir de una relación de la vergencia del al menos un ojo (112, 112') a la modificación de la acomodación a partir de la modificación de la refracción del al menos un ojo (112, 112') en el caso de la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en la al menos una primera distancia (166) frente a la acomodación del al menos un ojo (112, 112') a la al menos segunda distancia(160).
- 25
2. Programa de computadora según la reivindicación 1, que comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado por una computadora, hacen que ésta realice un procedimiento para determinar valores para un control de la miopía en al menos un ojo de un usuario, mediante un procedimiento (210) para la determinación conjunta de la acomodación y vergencia de al menos un ojo (112, 112') de un usuario, en donde la acomodación y la vergencia determinadas conjuntamente del al menos un ojo (112, 112') del usuario se utilizan como los valores para el control de la miopía.
- 30
3. Soporte de datos legible por computadora en el que está almacenado el programa de computadora según una de las reivindicaciones 1 o 2.
- 35
4. Señal de soporte de datos que transmite el programa de computadora según una de las reivindicaciones 1 o 2.
- 40
5. Programa de computadora según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la determinación conjunta de la acomodación y la vergencia tiene lugar para ambos ojos (112, 112') del usuario.
- 45
6. Programa de computadora según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** un nuevo valor determinado para la refracción del al menos un ojo (112, 112') en la acomodación del al menos un ojo (112, 112') se determina en al menos la segunda distancia (160) o por que se utiliza un valor conocido para la refracción del al menos un ojo (112, 112') en el caso de la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en al menos la segunda distancia (160).
- 50
7. Programa de computadora según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** se elige la al menos una primera distancia (166) para un estado acomodado del al menos un ojo (112, 112') y la al menos segunda distancia (160) para un estado sin acomodación del al menos un ojo (112, 112'), o por que se elige la al menos una primera distancia (166) para un estado sin acomodación del al menos un ojo (112, 112') y la al menos segunda distancia (160) para un estado acomodado del al menos un ojo (112, 112').
- 55
8. Programa de computadora según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** para determinar la vergencia del al menos un ojo (112, 112') tiene lugar un registro de una rotación (120, 120') del al menos un ojo (112, 112') durante la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en la al menos una primera distancia (166).
- 60
9. Programa de computadora según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** la determinación de la refracción del al menos un ojo (112, 112') tiene lugar mediante un dispositivo de medición de la refracción (144) que está diseñado para registrar la refracción del al menos un ojo (112, 112').
- 65
10. Programa de computadora según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** el movimiento del al menos un ojo (112, 112') presenta una métrica de movimiento de los ojos, seleccionándose la métrica de movimiento de los ojos del grupo que comprende un movimiento de seguimiento de los ojos; un movimiento de los ojos relacionado con microsacadas y un nistagmo optocinético.

11. Programa de computadora según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** la representación del al menos un carácter tiene lugar debido
- a que el al menos un carácter se dispone en la primera distancia (166) delante del al menos un ojo (112, 112'); y/o
  - a que el al menos un carácter se proyecta en la primera distancia (166) delante del al menos un ojo (112, 112'); y/o
  - a que el al menos un carácter se proyecta sobre el al menos un ojo (112, 112') de manera que el usuario puede reconocer virtualmente el al menos un carácter en la primera distancia (166) delante del al menos un ojo (112, 112').
12. Dispositivo para el procesamiento de datos, que comprende un procesador que está adaptado para realizar un procedimiento (210), comprendiendo el procedimiento (210) las etapas de:
- a) representar al menos un carácter al menos una primera distancia (166) delante del al menos un ojo (112, 112') de un usuario para la estimulación de la acomodación del al menos un ojo (112, 112) mediante un dispositivo (124) que está diseñado para la representación;
  - b) registrar al menos un movimiento del al menos un ojo (112, 112) mediante un dispositivo de medición del movimiento de los ojos (132) que está diseñado para registrar al menos un movimiento del al menos un ojo (112, 112');
  - c) determinar una refracción del al menos un ojo (112, 112') durante la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en la al menos una primera distancia (166) mediante al menos el dispositivo de medición del movimiento de los ojos (132) o un dispositivo de medición de la refracción (144) que está diseñado para registrar la refracción del al menos un ojo (112, 112'); y
  - d) determinar conjuntamente la acomodación y la vergencia del al menos un ojo (112, 112') mediante o determinación de una modificación en la refracción del al menos un ojo (112, 112') cuando se acomoda el al menos un ojo (112, 112') a la al menos una primera distancia (166) con respecto a la acomodación del al menos un ojo (112, 112') a al menos una segunda distancia(160); o determinación de la vergencia del al menos un ojo (112, 112') a partir del al menos un movimiento del al menos un ojo (112, 112') durante la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en la al menos una primera distancia(166); **caracterizado por**
  - e) determinación de una modificación de una miopía del al menos un ojo (112, 112') del usuario a partir de una relación de la vergencia del al menos un ojo (112, 112') a la modificación de la acomodación a partir de la modificación de la refracción del al menos un ojo (112, 112') en el caso de la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en la al menos una primera distancia (166) frente a la acomodación del al menos un ojo (112, 112') a la al menos segunda distancia(160).
13. Dispositivo según la reivindicación 12, que comprende un procesador, el cual está adaptado para realizar un procedimiento para determinar valores para un control de la miopía en al menos un ojo de un usuario, mediante un procedimiento (210) para la determinación conjunta de la acomodación y vergencia de al menos un ojo (112, 112') de un usuario, en donde la acomodación y la vergencia determinadas conjuntamente del al menos un ojo (112, 112') del usuario se utilizan como los valores para el control de la miopía.
14. Medio legible por computadora que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por una computadora, hacen que ésta realice las etapas de un procedimiento implementado por computadora, que comprende las siguientes etapas:
- a) representar al menos un carácter al menos una primera distancia (166) delante del al menos un ojo (112, 112') de un usuario para la estimulación de la acomodación del al menos un ojo (112, 112) mediante un dispositivo (124) que está diseñado para la representación;
  - b) registrar al menos un movimiento del al menos un ojo (112, 112') mediante al menos el dispositivo de medición del movimiento de los ojos (132) o un dispositivo de medición de la refracción (144) que está diseñado para registrar la refracción del al menos un ojo (112, 112');
  - c) determinar una refracción del al menos un ojo (112, 112') en el caso de la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en la al menos una primera distancia(166); y
  - d) determinar conjuntamente la acomodación y la vergencia del al menos un ojo (112, 112') mediante o determinación de una modificación en la refracción del al menos un ojo (112, 112') cuando se acomoda el al menos un ojo (112, 112') a la al menos una primera distancia (166) con respecto a la acomodación del al menos un ojo (112, 112') a al menos una segunda distancia(160); o determinación de la vergencia del al menos un ojo (112, 112') a partir del movimiento del al menos un ojo (112, 112') durante la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en la al menos una primera distancia (166) mediante al menos el dispositivo de medición del movimiento de los ojos (132) o un dispositivo de medición de la refracción (144), que están diseñados para detectar la refracción del al menos un ojo (112, 112');
  - caracterizado por**
  - e) determinación de una modificación de una miopía del al menos un ojo (112, 112') del usuario a partir de una relación de la vergencia del al menos un ojo (112, 112') a la modificación de la acomodación a partir de la modificación de la refracción del al menos un ojo (112, 112') en el caso de la acomodación del al menos un ojo (112, 112') en la al menos una primera distancia (166) frente a la acomodación del al menos un ojo (112, 112') a la al menos segunda distancia(160).
15. Medio legible por computadora según la reivindicación 14, en donde el procedimiento implementado por computadora está diseñado para la determinación de valores para un control de la miopía en al menos un ojo de un

usuario, mediante una determinación conjunta de la acomodación y vergencia de al menos un ojo (112, 112') de un usuario, en donde la acomodación y la vergencia determinadas conjuntamente del al menos un ojo (112, 112') del usuario se utilizan como los valores para el control de la miopía.

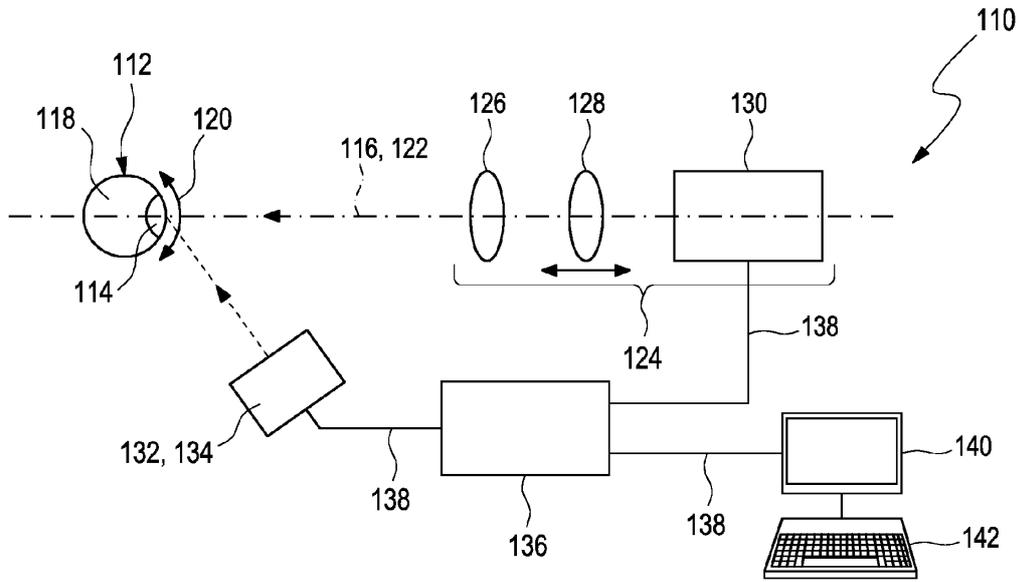


Fig. 1

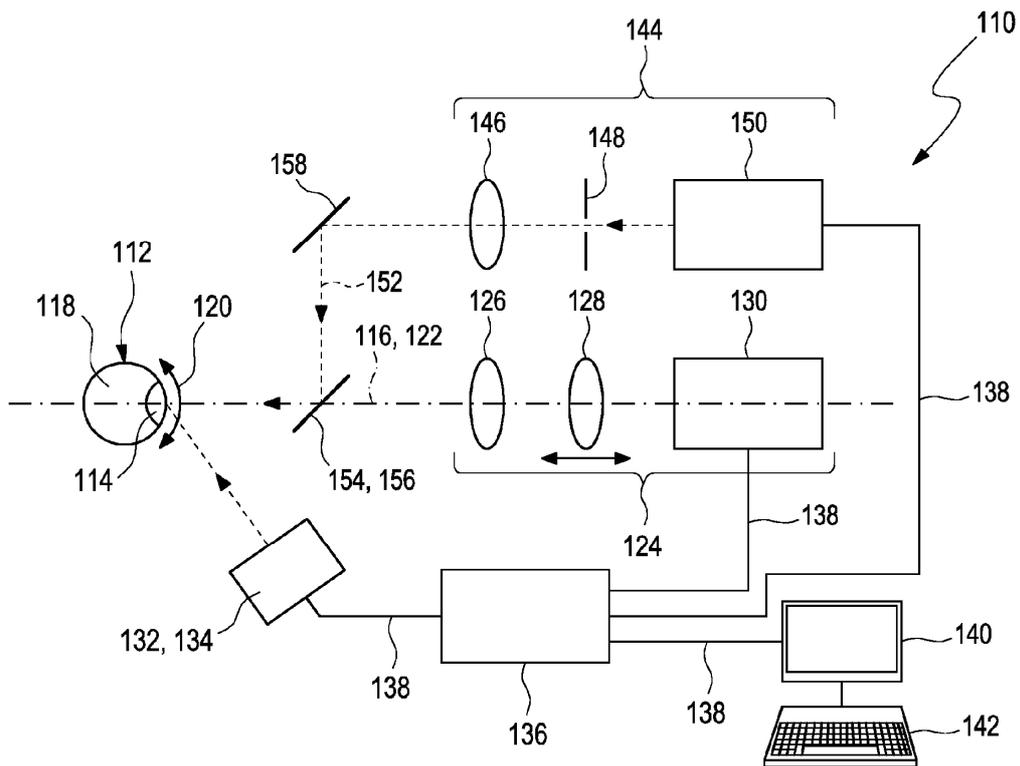


Fig. 2

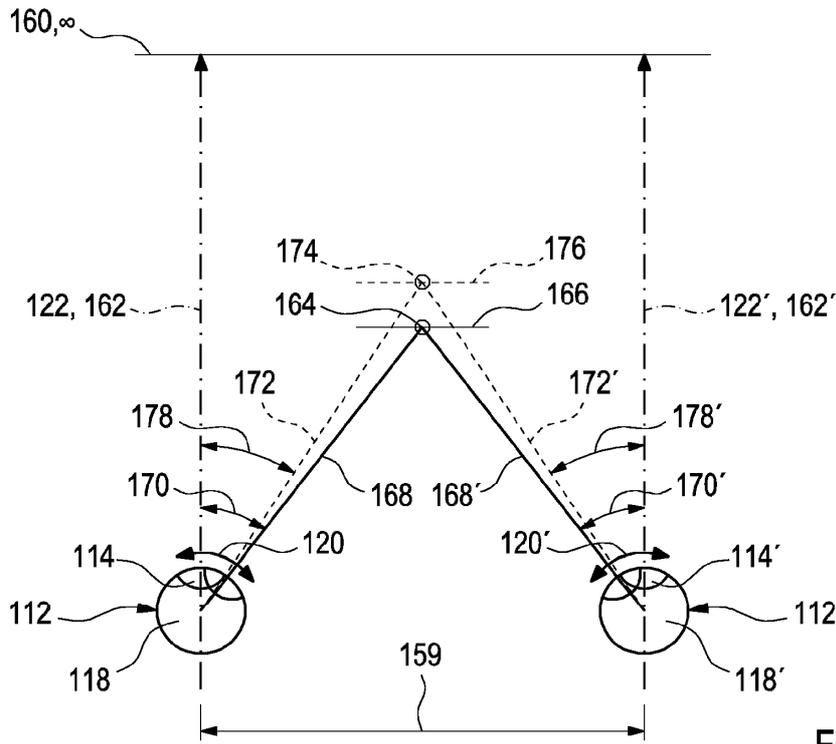


Fig. 3

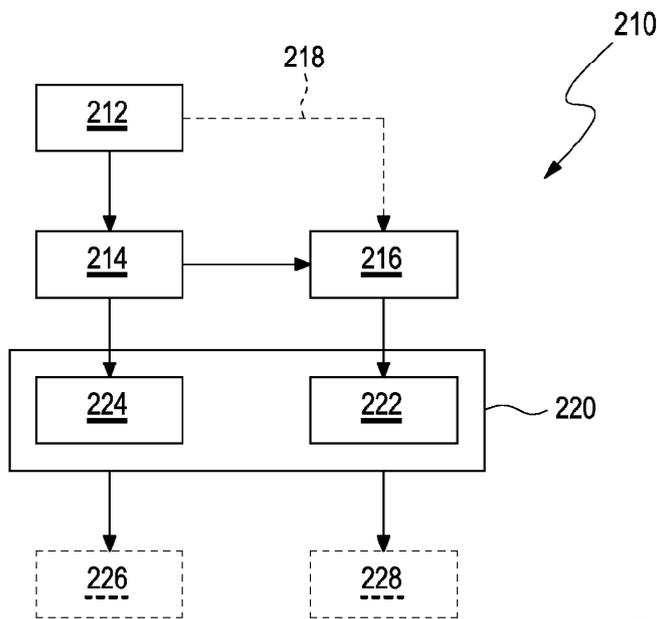


Fig. 4