

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 609**

51 Int. Cl.:

**G02C 7/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2008** **E 08867065 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016** **EP 2227713**

54 Título: **Método de fabricación y optimización de un par de cristales de gafas tomando en cuenta propiedades binoculares**

30 Prioridad:

**28.12.2007 DE 102007062929**

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

**17.10.2016**

73 Titular/es:

**RODENSTOCK GMBH (100.0%)  
Elsenheimerstrasse 33  
80687 München, DE**

72 Inventor/es:

**BECKEN, WOLFGANG;  
ESSER, GREGOR;  
ALTHEIMER, HELMUT y  
UTTENWEILER, DIETMAR**

74 Agente/Representante:

**AYMAT ESCALADA, Carlos Jesús**

ES 2 586 609 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

La invención se refiere a un método para la optimización y la fabricación de cristales para gafas para pares de cristales con una compatibilidad binocular mejorada para el usuario de la gafa. La invención se refiere además a un programa informático, un soporte de datos y un dispositivo para la fabricación de por lo menos un cristal para gafa.

Para la fabricación y/o la optimización de cristales para gafas, en particular de cristales individuales para gafas se fabrica cada cristal de forma que se obtenga para cada dirección de la mirada deseada o cada punto objeto deseado una corrección óptima de un defecto de refracción del ojo correspondiente del usuario de la gafa. No obstante, por lo general no es posible una corrección completa para todas las direcciones de la mirada al mismo tiempo. Por este motivo, los cristales para gafas se fabrican de forma que permitan una buena corrección de ametropías del ojo y sólo distorsiones mínimas de la imagen en las zonas principales de utilización, particularmente en los sectores centrales de recorrido de la vista mientras que en los sectores periféricos se permiten aberraciones más importantes. Estas aberraciones dependen del tipo y de la magnitud de las correcciones necesarias así como de la posición sobre el cristal para gafa, o sea el punto de recorrido de la vista. Al mirar a través de una gafa, el par de ojos realiza constantemente movimientos de la mirada con lo cual se modifican también los puntos de recorrido de la vista dentro del cristal para gafa. Debido a ello, al moverse la mirada se producen constantemente cambios en las características de la imagen en particular de las distorsiones de la imagen para cada cristal de una gafa, lo cual puede tener como consecuencia la sensación de mala calidad de la vista y eventualmente incompatibilidades de una gafa. En el caso de una posición de uso especificada de la gafa para un usuario, es decir de posición especificada de los cristales para gafa delante de los ojos del usuario y de una distancia al objeto especificada se obtiene para muchos puntos-objeto un par correspondiente de puntos de recorrido de la mirada a través del cristal derecho y/o izquierdo de la gafa que por lo general no están dispuestos simétricamente y al mover la mirada en función de la posición del objeto se suele modificar de forma diferente por lo general en cada uno de los cristales para gafa. De este modo se producen también modificaciones diferentes de las aberraciones del ojo derecho e izquierdo lo cual perjudica negativamente la impresión visual y eventualmente incluso la compatibilidad de una gafa. En particular en el caso de cristales para gafas con prescripción diferente para el ojo derecho y el izquierdo, la modificación diferente de las aberraciones del ojo derecho e izquierdo al mover la mirada pero también una diferencia constante de las propiedades ópticas en el caso de recorrido recto o lateral producen siempre una sensación visual binocular mala.

La patente DE 10 2005 057 533 A1 describe un método para calcular el aumento y/o la distorsión así como un método para la fabricación de un cristal para gafa con aumento y/o distorsión reducida. Para ello se optimiza primero por lo menos una superficie de un cristal para gafa minimizando una función de rendimiento en la cual, para una multiplicidad de zonas de valoración se tiene en cuenta la desviación momentánea del aumento y de la distorsión del cristal para gafa a optimizar respecto de los valores teóricos correspondientes. Esta optimización se realiza expresamente para cada cristal de gafa.

La patente WO 2004/086125 A1 describe un método para la optimización individual de un cristal progresivo para gafa. En la misma se minimiza nuevamente una función de

rendimiento en la que se introducen propiedades ópticas como astigmatismo y distancia focal del cristal para gafa que se va a optimizar. Además se menciona que se debe tener también en cuenta en la optimización desequilibrios binoculares.

5 La patente WO 01/84213 A2 describe el objetivo de proporcionar un cristal progresivo para gafa con poca modificación de las propiedades binoculares en el caso de un movimiento de la mirada. Se propone en particular que, para minimizar la modificación de las propiedades binoculares de la imagen en caso de movimiento horizontal de la mirada, se cuente con un cristal para gafa en el que la elevación (diferencia entre el valor máximo y mínimo que se produce con el movimiento) de propiedades binoculares  
10 de la imagen al seguir un objeto móvil se sitúe por debajo de un límite fisiológico especificado.

[Lo que se pretende por lo tanto por la presente invención es mejorar la calidad óptica percibida por un usuario de gafa y la compatibilidad de una gafa, particularmente con prescripciones diferentes para el cristal derecho y el izquierdo de la gafa.

15 Esto se resuelve mediante un método para la fabricación de por lo menos un cristal para gafa con las características de la reivindicación 1, con programa informático con las características de la reivindicación 12, un soporte de datos con las características de la reivindicación 13 y un dispositivo para la fabricación de un cristal para gafa con las características de la reivindicación 14.

20 Por consiguiente, la presente invención ofrece un método para la optimización y fabricación de por lo menos un primer cristal para gafa para un par de cristales para gafa que se utiliza junto con un segundo cristal para gafa del par de cristales en una gafa para una situación de uso particular, que comprende una fase de cálculo y/o de optimización binocular de por lo menos una superficie del primer cristal para gafa de tal  
25 forma que se minimice una función de rendimiento

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{bino} F_{bino} + \tilde{F}$$

que se define como la suma de por lo menos una primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  y una función binocular  $F_{bino}$  con factores de ponderación correspondientes  $g^{(1)}$  o  $g^{bino}$ , donde la primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  depende de los valores de por lo menos una primera propiedad óptica monocular  $Mon^{(ml)}$  en una multiplicidad de zonas de  
30 valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa, y donde la función binocular  $F_{bino}$  para una multiplicidad de pares  $(i_1^b, i_2^b)$  de una zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa y una zona de valoración binocular  $i_2^b$  correspondiente en la situación de uso determinada, del segundo cristal para gafa depende de los valores de una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  así como en la zona de valoración binocular  $i_1^b$  del  
35 primer cristal para gafa y en la zona de valoración binocular  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa, donde la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  comprende una propiedad óptica no prismática, y donde el término restante F no depende de los valores de la primera propiedad monocular en las zonas de valoración del primer cristal para gafa.

40 Según la aplicación deseada, el "primer" cristal para gafa representa un cristal para gafa derecho y el "segundo" cristal para gafa representa un cristal izquierdo para una gafa, o viceversa. Con referencia a las dependencias de la primera función monocular y la función binocular respecto de la primera y/o de la segunda propiedad óptica

monocular en cada zona de valoración, la función de rendimiento se puede representar en particular en la forma siguiente:

$$F = g^{(l)} F_{\text{mono}}^{(l)} \left( Mon_1^{(m1)}(i_1) \right) + g^{\text{bino}} F_{\text{bino}} \left( Mon_1^{(b)}(i_1^b), Mon_2^{(b)}(i_2^b) \right) + \tilde{F} ,$$

5 donde en la notación  $Mon_1^{(m1)}$  para la primera propiedad óptica monocular el índice adicional "1" indica que esta propiedad se tiene que evaluar para el primer cristal para gafa, es decir en una zona de valoración del primer cristal para gafa. De preferencia se podría eliminar este índice, como ya se ha hecho más arriba y se volverá a hacer en lo que sigue siempre que quede claro que la propiedad se tiene que evaluar para una zona de valoración del primer cristal para gafa. En particular la primera función  
10 monocular no depende del segundo cristal para gafa por lo que en esta relación se designa como función "monocular". La función binocular depende en cambio de pares de valores de las zonas de valoración correspondientes del primer y del segundo cristal para gafa lo cual se expresa con la designación de función "binocular". De este modo pasan a través de la función binocular propiedades ópticas de los dos cristales para gafa a la función de rendimiento para la optimización de por lo menos un cristal para gafa eligiéndose las funciones de ponderación de forma que la función binocular  $F_{\text{bino}}$   
15 en por lo menos una zona de valoración ofrece una contribución a la función de rendimiento. Debido a esta contribución del segundo cristal para gafa el cristal para gafa (por lo menos uno) no alcanza en la minimización de la función de rendimiento el valor óptimo para una corrección de refracción del ojo correspondiente.  
20

Ocurre sin embargo que aunque empeora la calidad de la imagen de cada cristal para gafa mejora considerablemente la visión binocular y por consiguiente la compatibilidad y aceptación del par de cristales para gafa. En particular se ha comprobado que debido a la invención se pueden compaginar más o menos entre sí diferencias de propiedades  
25 ópticas de los dos cristales para gafa en puntos de recorrido de la vista correspondientes así como modificaciones diferentes de las propiedades ópticas, en particular aberraciones de los dos cristales para gafa al mover la mirada, según las funciones de ponderación, pudiéndose de este modo mejorar la impresión de visión binocular y por consiguiente la calidad objetiva así como la compatibilidad de una gafa en particular desde puntos de vista binoculares. En particular se comprueba que debido a que se ha tenido en cuenta según la invención los objetivos de optimización monoculares a través de por lo menos una función monocular por una parte y objetivos de compaginación binocular entre los dos cristales para gafa mediante la función binocular, de otra parte, se puede mejorar por lo menos el primer cristal para gafa para  
30 utilizarlo en la gafa junto con el segundo cristal para gafa, aunque se asume que por lo menos uno de los dos cristales para gafa no alcanza su óptimo monocular. Mediante las funciones de ponderación se puede controlar el compromiso deseado entre requisitos monoculares y binoculares.  
35

La situación de uso establece una posición de los cristales para gafa delante de los ojos del usuario y un modelo de distancia al objeto. De este modo se obtienen o se facilitan como situación de uso en particular datos de uso respecto de un posicionado de los cristales para gafas de un usuario y respecto de una tarea visual del usuario de la gafa. Estos datos de uso comprenden de preferencia datos de montura y/o del ancho de puente y/o de un ángulo de inclinación de la montura y/o de una inclinación  
40 longitudinal, etc., de la gafa. En una forma de realización preferida los datos de uso comprenden, respecto de una tarea visual una especificación de los rangos de control  
45

de ángulo de vista principalmente utilizados y/o de las distancias al objeto principalmente utilizadas.

En cualquier caso la situación de uso determinada para una multiplicidad de perspectivas por lo menos de un ojo del usuario de la gafa define la posición de un punto correspondiente del objeto de tal modo que de esta forma también queda claramente definido el rayo visual del otro ojo al contemplar su punto del objeto (en función del efecto óptico) del cristal para gafa correspondiente. Los dos rayos visuales correspondientes a un punto del objeto (para el ojo derecho e izquierdo) reciben la denominación de rayos visuales correspondientes. Los puntos de paso correspondientes de los rayos visuales correspondientes a través de los dos cristales de la gafa reciben el nombre de puntos de paso correspondientes. Cada punto de recorrido de la vista sobre la superficie delantera y/o trasera de un cristal para gafa representa una zona de valoración para el cristal de gafa. Debido a la clara correspondencia de los rayos visuales y puntos del objeto con los puntos de recorrido de la vista a través del cristal para gafa la zona de valoración correspondiente se podría representar también por el rayo visual correspondiente y/o la perspectiva y/o el punto del objeto. En una forma de realización preferida, las zonas de valoración de un cristal para gafa se representan mediante dos coordenadas de un sistema de coordenadas definido con respecto al cristal para gafa. Se establece de preferencia para ello un sistema de coordenadas cartesianas x-y-z, cuyo origen se encuentra por ejemplo en el punto central geométrico (del primero o del segundo cristal para gafa sin borde o rohrrund (redondos) o en el centro del primer o del segundo cristal para gafa, en particular sobre su superficie delantera, donde el eje y se extiende en sentido vertical en posición de uso o en situación de uso y el eje z señala hacia el ojo. De esta forma las zonas de valoración se pueden representar particularmente por medio de las coordenadas x-y de los puntos de recorrido de la vista.

Los pares de zonas de valoración del cristal derecho e izquierdo de la gafa que representan puntos de recorrido de la vista correspondientes reciben el nombre de zonas de valoración correspondientes. Las zonas de valoración correspondientes se refieren aquí a un punto común del objeto al que dirigen su mirada al mismo tiempo ambos ojos, razón por lo cual las zonas de valoración correspondientes dependen de la situación de uso determinada. Cada zona de valoración de un cristal para gafa que pertenece a un par de zonas de valoración correspondientes contribuye a la visión binocular a través de la gafa, razón por la cual estas zonas de valoración reciben aquí el nombre de "zonas de valoración binoculares". Las zonas de valoración binoculares y  $i_s^b$  del primer cristal ( $s = 1$ ) y/o del segundo cristal ( $s = 2$ ) para gafa son de este modo todas las zonas de valoración  $i_s$  del cristal correspondiente para las cuales existen una zona de valoración correspondiente del otro cristal para gafa. La cantidad de todas las zonas de valoración binoculares de cada cristal para gafa constituye aquí un territorio  $GB_s$  binocular calculable del cristal para gafa correspondiente.

Todas las zonas de valoración  $i_s$  de un cristal para gafa para la que no hay, en la situación de uso determinada, ninguna zona de valoración correspondiente del otro cristal para gafa, en particular porque el rayo visual correspondiente no discurre por el otro cristal para gafa sino al borde del mismo, reciben aquí el nombre de zona de valoración monocular  $i_s^m$  del cristal para gafa correspondiente. Por lo tanto en particular cada zona de valoración  $i_s$  de un cristal para gafa representa una zona de valoración binocular  $i_s^b$  o una zona de valoración monocular  $i_s^m$  del cristal para gafa.

Según la aplicación o el objetivo deseado el primer y/o el segundo cristal para gafa (o el par de cristales para gafa a optimizar) se dispone de una situación de uso especificada o por especificar delante de los ojos de un usuario de gafa determinado individual o general.

5 Una situación de uso media (tal como se define en DIN 58 208 Parte 2) puede caracterizarse por:

- Parámetros de un ojo estándar, como por ejemplo el ojo Gullstrand de un usuario de gafa (centro de rotación del ojo, pupila de entrada y/o plano principal, etc.);
- 10 - Parámetros de una posición de uso estándar o disposición del par de cristales para gafa delante de los ojos del usuario (ángulo de inclinación de la montura, inclinación longitudinal, distancia córnea-vértice, etc.); y/o
- Parámetros de un modelo de objeto estándar o distancia al objeto estándar.

La posición de uso se puede establecer por ejemplo en virtud de una posición de uso estandarizada. Cuando se utiliza la montura de la gafa o la gafa según una posición de  
15 uso estandarizada la distancia al centro de rotación es de aproximadamente 27,4 mm o aproximadamente 27,9 mm o aproximadamente 28,5 mm o aproximadamente 28,8 mm, la inclinación longitudinal, es decir el ángulo pantoscópico es de 8°, el ángulo de inclinación de la montura es de aproximadamente 0°, la distancia a la pupila es de aproximadamente 63 mm, la distancia córnea-vértice es de aproximadamente 15 mm,  
20 la distancia al objeto en el punto de referencia de lejos es de aproximadamente 0 dpt y la distancia al objeto en el punto de referencia de cerca es de aproximadamente -2,5 dpt.

En particular en una utilización del cristal para gafa o de la gafa según una posición de  
25 uso estandarizada la distancia al centro de rotación del ojo es de aproximadamente 26,5 mm, la inclinación longitudinal, es decir el ángulo pantoscópico es de aproximadamente 9°, el ángulo de inclinación de la montura es de aproximadamente 5°, la distancia a la pupila es de aproximadamente 64 mm y la distancia córnea-vértice es de aproximadamente 13 mm.

Alternativamente, cuando se utiliza la montura de la gafa o la gafa según una posición  
30 de uso estandarizada la distancia al centro de rotación del ojo es de aproximadamente 28,5 mm, la inclinación longitudinal, es decir el ángulo pantoscópico es de aproximadamente 7°, el ángulo de inclinación de la montura es de aproximadamente 0°, la distancia a la pupila es de aproximadamente 63 mm y la distancia córnea-vértice es de aproximadamente 15 mm.

35 Alternativamente, cuando se utiliza la montura de la gafa o la gafa según una posición de uso estandarizada la distancia al centro de rotación del ojo es de aproximadamente 25 mm, la inclinación longitudinal, es decir el ángulo pantoscópico es de aproximadamente 8°, el ángulo de inclinación de la montura es de aproximadamente 5°, la distancia a la pupila es de aproximadamente 64 mm y la distancia córnea-vértice  
40 es de aproximadamente 13 mm.

Alternativamente, cuando se utiliza la montura de la gafa o la gafa según una posición de uso estandarizada la distancia al centro de rotación del ojo es de aproximadamente 27,5 mm, la inclinación longitudinal, es decir el ángulo pantoscópico es de aproximadamente 11°, el ángulo de inclinación de la montura es de aproximadamente

0°, la distancia a la pupila es de aproximadamente 65 mm y la distancia córnea-vértice es de aproximadamente 14 mm.

Los siguientes parámetros numéricos caracterizan por ejemplo una situación de uso medio:

- 5      Distancia córnea-vértice (HSA) = 15,00 mm;
- Inclinación longitudinal = 8,0 grados;
- Ángulo de inclinación de la montura = 0,0 grados;
- Distancia a la pupila = 63,0 mm;
- Distancia al centro de rotación del ojo  $e = 28,5$  mm;
- 10     Modelo de distancia al objeto: distancia infinita al objeto en la zona superior del cristal para gafa que pasa a ser de forma continuada una distancia al objeto de -2,6 dpt con  $x = 0$  mm,  $y = -20$  mm.

15     Alternativamente también pueden tenerse en cuenta individualmente parámetros del ojo o de los ojos de un usuario determinado de gafa (centro de rotación del ojo, pupila entrada, y/o plano principal, etc.) de la posición individual de uso o disposición delante de los ojos del usuario de la gafa (ángulo de inclinación de la montura, inclinación longitudinal, distancia córnea-vértice, etc.) y/o del modelo individual de distancia al objeto.

20     Las propiedades ópticas monoculares se refieren siempre a propiedades ópticas locales de un cristal para gafa individual, o sea del primero y/o del segundo cristal para gafa en transmisión, es decir en la posición de uso determinada sin tener en cuenta el otro cristal para gafa. Por este motivo estas propiedades ópticas reciben el nombre de propiedades ópticas “monoculares”. Dependen en cada zona de valoración de la superficie delantera y trasera del cristal para gafa correspondiente así como de la

25     posición recíproca y relativa al ojo y al punto del objeto. La por lo menos primera propiedad óptica monocular y la por lo menos segunda propiedad óptica monocular pueden referirse a las mismas propiedades o a propiedades ópticas monoculares diferentes.

30     Mientras la primera propiedad óptica monocular tenida en cuenta en la primera función monocular para la valoración de la primera función monocular sólo se evalúa en zonas de valoración del primer cristal para gafa, la propiedad óptica monocular se evalúa en la función binocular tanto en zonas de valoración del primer cristal para gafa (independientemente del segundo cristal para gafa) como en zonas de valoración del segundo cristal para gafa (independientemente del primer cristal para gafa). La única

35     dependencia para estas valoraciones representa la elección de las zonas de valoración binoculares del primero y/o del segundo cristal para gafa que se refieren por lo menos parcialmente a zonas de valoración correspondientes por pares.

40     La función restante  $\tilde{F}$  puede depender de otras propiedades ópticas. En una forma de realización preferida la función restante es igual a cero ( $\tilde{F} = 0$ ) de modo que la función de rendimiento sólo contiene como sumandos la primera función monocular y la función binocular con los factores de ponderación correspondientes. La función restante  $\tilde{F}$  no depende de los valores de la primera propiedad óptica monocular en las zonas de valoración del primer cristal para gafa. En particular la función restante  $\tilde{F}$  no depende explícitamente del primer cristal para gafa.

Además  $\tilde{F}$  como otro sumando de la función de rendimiento  $F$  comprende por lo menos una segunda función monocular  $F_{mono}^{(2)}$ , que depende de los valores de por lo menos otra tercera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m2)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_2$  del segundo cristal para gafa. Por consiguiente la etapa de cálculo y/o de optimización binocular se realiza de preferencia de modo que en la función del rendimiento según

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{(2)} F_{mono}^{(2)} + g^{bino} F_{bino} + \tilde{F}^*$$

se tiene en cuenta como otro sumando una segunda función monocular  $F_{mono}^{(2)}$  con un factor de ponderación  $g^{(2)}$  que depende de los valores de por lo menos una tercera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m2)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_2$  del segundo cristal para gafa. Se tiene de preferencia para la otra función restante  $\tilde{F}^* = 0$ .

En relación con las dependencias de las funciones individuales respecto de las propiedades ópticas moleculares evaluadas en las zonas de valoración correspondientes, la función de rendimiento se puede representar de preferencia como sigue:

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} (Mon_1^{(m1)}(i_1)) + g^{(2)} F_{mono}^{(2)} (Mon_2^{(m2)}(i_2)) + g^{bino} F_{bino} (Mon_1^{(b)}(i_1^{(b)}), Mon_2^{(b)}(i_2^{(b)})) + \tilde{F}^*$$

Nuevamente designa el índice adicional "2" en la representación  $Mon^{(m2)}$  para la tercera propiedad óptica molecular que ésta se tiene que evaluar sobre el segundo cristal para gafa, es decir para una zona de evaluación del segundo cristal para gafa. El índice se puede suprimir en particular cuando se tiene que realizar para el segundo cristal para gafa. En una forma de realización preferida por lo menos una tercera propiedad óptica monocular corresponde a la por lo menos una propiedad óptica monocular y/o a la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular, incorporándose únicamente los valores en las zonas de valoración del segundo cristal para gafa en la segunda función monocular.

De preferencia la etapa de cálculo y/u optimización binocular se realiza de modo que la primera y/o la segunda función monocular según

$$F_{mono}^{(s)} = \sum_m \sum_{i_s} g_s^{(m)}(i_s) (Mon_s^{(m)}(i_s) - Mon_{s,Soll}^{(m)}(i_s))^2$$

Se tienen en cuenta las desviaciones de los valores por lo menos de una primera propiedad óptica monocular en  $Mon_s^{(m)}$  una primera  $m = m1$  o una tercera  $m = m2$  respecto de los valores teóricos correspondientes en  $Mon_{s,Soll}^{(m)}$  en las zonas de valoración  $i_s$  del primero ( $s = 1$ ) o del segundo ( $s = 2$ ) cristal para gafa con valores de ponderación correspondientes  $g_s^{(m)}(i_s)$ .

La etapa de cálculo y/u optimización binocular se realiza de preferencia de forma que la propiedad óptica monocular tenida en cuenta en la primera y/o la segunda función monocular comprenda el equivalente esférico  $Mon^{(1)} = S_{\Delta}$  y/o el valor del cilindro  $Mon^{(2)} = Z_{\Delta}$  del déficit de refracción del primero y/o del segundo cristal para gafa. En particular la etapa de cálculo y/u optimización binocular se realiza de preferencia de modo que se minimice la función de rendimiento con una primera y/o una segunda función monocular



$$F_{mono}^{(s)}(S_{\Delta}, Z_{\Delta}) = \sum_{i_s} (g_{S,s}(i_s)(S_{\Delta}(i_s) - S_{\Delta, Soll}(i_s))^2 + g_{Z,s}(i_s)(Z_{\Delta}(i_s) - Z_{\Delta, Soll}(i_s))^2)$$

aquí y en lo que sigue se renuncia en particular a otro índice para la designación de la propiedad óptica monocular siempre que se puedan aplicar las propiedades ópticas monoculares del ejemplo a los dos cristales para gafa, es decir como primera y/o tercera propiedad óptica monocular.

De preferencia la etapa de cálculo y/u optimización binocular se realiza de modo que la función binocular  $F_{bino}$  para cada par  $(i_1^b, i_2^b)$  de zonas de valoración binocular depende de la diferencia

$$Mon^{(b)}(i_1^b) - Mon^{(b)}(i_2^b)$$

entre el valor de la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa y el valor de la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la zona de valoración binocular correspondiente  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa.

La etapa de cálculo y/u optimización binocular se realiza de modo que en la función binocular según

$$F_{bino} = \sum_k \sum_i g_{bin}^{(k)}(i) (Bin^{(k)}(i) - Bin_{Soll}^{(k)}(i))^2$$

Se tienen en cuenta divergencias de los valores de por lo menos una propiedad óptica binocular  $Bin^{(k)}$  respecto de los valores teóricos correspondientes  $Bin_{Soll}^{(k)}$  en zonas de valoración  $i$  del primero y/o del segundo cristal para gafa con factores de ponderación correspondientes  $g_{bin}^{(k)}(i)$ , donde la suma de las zonas de valoración  $i$  se realiza por lo menos sobre las zonas de valoración binocular  $i_1^b$  del primero y/o del segundo cristal para gafa y la por lo menos una propiedad óptica binocular  $Bin^{(k)}$  para cada zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa depende tanto del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal de gafa como del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la zona de valoración binocular correspondiente  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa. Debido a la correspondencia de las zonas de valoración binoculares sólo se suma en particular por pares de zonas de valoración binoculares. Aquí se puede representar cada parte zonas de valoración binoculares correspondientes como par de zona de valoración  $i^b = (i_1^b, i_2^b)$  de forma que la suma se realiza a través de los pares de zonas de valoración  $i^b$ .

De preferencia el método comprende además:

- Determinación de una multiplicidad de primeras zonas de valoración monoculares  $i_1^m$  como aquellas zonas de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa respecto de las cuales no existe en la situación de uso determinada ninguna zona de valoración correspondiente del segundo cristal para gafa, y
- Hacer que una zona de valoración  $i_2$  del segundo cristal para gafa se corresponda como segunda zona de referencia monocular  $i_2^r$  con cada primera zona de valoración monocular  $i_1^m$ . De este modo se define en particular un par de zonas de valoración monocular  $(i_1^b, i_2^r)$ . La etapa de cálculo y/u optimización binocular se

realiza de preferencia de modo que la suma de las zonas de valoración y en la función binocular  $F_{bino}$  se hace sobre todas las zonas de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa y donde la por lo menos una propiedad óptica binocular  $Bin^{(k)}$  para cada zona de valoración monocular  $i_1^m$  del primer cristal para gafa depende tanto del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la primera zona de valoración monocular  $i_1^m$  del primer cristal para gafa como del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la segunda zona de referencia monocular  $i_2^r$  del segundo cristal para gafa correspondiente a esta primera zona de valoración monocular  $i_1^m$

$$F_{bino} = \sum_k \left( \begin{aligned} & \sum_{i_1 \in GB_1} g_{Bin}^{(k)}(i_1) (Bin^{(k)}(i_1) - Bin_{Soll}^{(k)}(i_1))^2 \\ & + \sum_{\substack{i_1 \in G_1 \\ i_1 \notin GB_1}} g_{Bin}^{(k)}(i_1) (Bin^{(k)}(i_1) - Bin_{Soll}^{(k)}(i_1))^2 \end{aligned} \right)$$

$$= \sum_k \left( \begin{aligned} & \sum_{i_1} g_{Bin}^{(k)}(i_1) (Bin^{(k)}(i_1) - Bin_{Soll}^{(k)}(i_1))^2 \\ & + \sum_{i_1^m} g_{Bin}^{(k)}(i_1^m) (Bin^{(k)}(i_1^m) - Bin_{Soll}^{(k)}(i_1^m))^2 \end{aligned} \right)$$

Por medio de la condición de transición definida aquí en el borde del cristal para gafa, en particular debido a la condición de continuidad resultante para la función de rendimiento se logra una impresión visual particularmente armónica y una transición entre la zona central y periférica del cristal para gafa con una buena compatibilidad del cristal para gafa que se puede utilizar en una gafa junto con el segundo cristal para gafa.

De preferencia el método comprende además:

- Determinación de una multiplicidad de segundas zonas de valoración monocular  $i_2^m$  como aquellas zonas de valoración  $i_2$  del segundo cristal para gafa respecto de las cuales no existe en la situación de uso definida ninguna zona de valoración correspondiente del primer cristal para gafa (o que no aparecen como zonas de valoración correspondientes de una zona de valoración del primer cristal para gafa o que no aparecen como zonas de valoración binoculares), y
- Hacer que una zona de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa se corresponda como primera zona de referencia monocular  $i_1^r$  con cada segunda zona de valoración monocular  $i_2^m$  donde la etapa de cálculo y/o de optimización binocular se realiza de modo que la suma de las zonas de valoración  $i$  en la función binocular  $F_{bino}$  se realiza además de las segundas zonas de valoración binoculares del segundo cristal para gafa, y donde la por lo menos una propiedad óptica binocular  $Bin^{(k)}$  para cada segunda zona de valoración monocular  $i_2^m$  (del segundo cristal para gafa) depende tanto del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la segunda zona de valoración monocular  $i_2^m$  del segundo cristal de gafa como del valor de la por lo menos una segunda propiedad

óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la segunda zona de referencia monocular  $i_2^m$  del primer cristal para gafa correspondiente a esta primera zona de valoración monocular  $i_1^r$

De preferencia corresponde a una multiplicidad de primeras ( $i_1^m$ ) y/o segundas zonas de valoración moleculares  $i_2^m$ , particularmente de preferencia cada primera ( $i_1^m$ ) y/o segunda zona de valoración molecular  $i_2^m$  la zona de valoración horizontal simétrica en la situación de uso definida  $i$  del segundo y/o primer cristal para gafa como segunda  $i_2^r$  o primera zona de referencia monocular  $i_1^r$ . En una forma de realización preferida se considera en este sentido que un par ( $i_1, i_2$ ) de zonas de valoración es horizontal simétrico cuando los puntos correspondientes de recorrido de la vista en la situación de uso definida en sistemas de coordenadas locales del cristal derecho y/o izquierdo para gafa presentan en sentido horizontal coordenadas diametralmente opuestas, es decir diametralmente opuesto en sentido horizontal a un punto de referencia de simetría (origen de coordenada) del primero y/o segundo cristal para gafa, es decir desplazadas la misma distancia en sentido opuesto aunque en sentido vertical presentan las mismas coordenadas. Para los sistemas de coordenadas descritas anteriormente como ejemplo se tiene  $P_{1,x} = -P_{2,x}$  para el componente  $x$   $P_{1,x}$  y/o  $P_{2,x}$  de los dos puntos por el recorrido de la vista. En una forma de realización preferida, los orígenes de coordenadas de los sistemas locales de coordenadas se encuentran en los puntos de recorrido de la vista de las superficies delanteras de los cristales para gafas en el sentido cero del ángulo derecho y/o izquierdo en la situación de uso definida. El punto de referencia de simetría es por lo tanto independiente de las coordenadas verticales o la posición de las zonas de valoración simétrico horizontales en los puntos de recorrido de la vista. En otra forma de realización preferida los orígenes de los dos sistemas de coordenadas locales, es decir los puntos de referencia de simetría dependen de la posición vertical de los puntos de recorrido de la vista de modo que los puntos con  $P_{1,x} = 0$  se encuentran para todos los primeros valores y sobre la línea visual principal del primer cristal para gafa y los puntos con  $P_{2,x} = 0$  para todos los segundos valores y sobre la línea visual principal del segundo cristal para gafa. De este modo los puntos de recorrido de la vista de simetría horizontal presentan la misma distancia horizontal respecto de la línea visual principal donde el punto de referencia simétrico del par es el punto de recorrido visual de simetría horizontal. En este caso sin embargo los dos puntos de recorrido visual presentan un desplazamiento nasal o ambos temporal respecto del punto de referencia de simetría.

La por lo menos una segunda propiedad óptica  $Mon^{(b)}$  comprende una propiedad óptica no prismática. La por lo menos una segunda propiedad óptica  $Mon^{(b)}$  se refiere por lo tanto por lo menos a una característica que no caracteriza puramente el efecto prismático, en particular la diferencia prismática o no depende exclusivamente del efecto prismático, en particular de la diferencia prismática. En particular, la función binocular no depende solamente de los valores de un efecto prismático del primero y/o segundo cristal para gafa, en particular de una diferencia de efectos prismáticos del primero y del segundo cristal para gafa. En una forma de realización preferida, la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular comprende una propiedad óptica monocular no prismática.

En otra forma de realización preferida, la etapa de cálculo y/u optimización se realiza de modo que la diferencia entre el efecto prismático vertical y/o horizontal y un efecto de referencia prismático horizontal o vertical se tiene en cuenta en la función de rendimiento binocular según

$$F_{bino} = \sum_i gP_i ((PR(i) - PL(i)) - P_{soll}(i))^2 + \tilde{F}_{bino}$$

con una función restante  $\tilde{F}_{bino}$  donde:

$PR(i)$  es un efecto vertical real y/o prismático horizontal en la  $i$ -ésima zona de valoración del cristal para gafa derecho;

5  $PL(i)$  es un efecto vertical real y/o prismático horizontal en la  $i$ -ésima zona de valoración del cristal para gafa izquierdo;

$P_{soll}(i)$  es un valor teórico de la diferencia  $\Delta P$  del efecto vertical y/o prismático horizontal entre el cristal para gafa derecho y el izquierdo en los puntos del cristal para gafa correspondientes definidos por la fuente de valoración  $i$ -ésima; y

10  $gP_i$  es una ponderación del efecto vertical y/o prismático horizontal en la  $i$ -ésima fuente de valoración del cristal para gafa

en una forma de realización preferida  $\tilde{F}_{bino} = 0$ .

15 El efecto vertical y/o prismático horizontal se define como el componente vertical y/o horizontal del efecto prismático.

De preferencia el método comprende antes de la fase de cálculo y/o de optimización binocular una primera etapa de cálculo y/o de optimización y/o una segunda monocular de modo que la primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  y/o la segunda función monocular  $F_{mono}^{(2)}$  quede minimizada.

20 La primera y/o la segunda fase de cálculo y/u optimización monocular se realiza de forma que en esta etapa no se tiene en cuenta la otra función monocular. El intercalar la primera o la segunda fase de cálculo y/u optimización monocular da como resultado un primero y/o un segundo cristal para gafa optimizado monocular que sirve de condición de partida preferida para la optimización binocular en la siguiente etapa binocular de cálculo y/u optimización y contribuye a una optimización y/o fabricación particularmente rápida y exacta del por lo menos un cristal para gafa.

30 De preferencia se calcula para cada zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa la zona de valoración binocular correspondiente  $i_2^b$  del Segundo cristal para gafa para la situación de uso definida mediante Ray-Tracing suponiendo ortotropía.

De preferencia el método comprende además una fase de definición y/o fijación de un ojo guía definiéndose como segundo cristal para gafa el cristal del par de cristales para gafa correspondiente al ojo guía.

35 De preferencia la etapa de cálculo y/u optimización binocular comprende una primera etapa de variación unilateral de modo que la función de rendimiento  $F$  se minimiza variando y/o modificando por lo menos una superficie del primer cristal para gafa, mientras que el segundo cristal para gafa permanece invariable. La etapa binocular de cálculo y/u optimización comprende de preferencia además una segunda etapa de variación unilateral de modo que la función de rendimiento  $F$  se minimiza variando por lo menos una superficie del segundo cristal para gafa, mientras que el primer cristal para gafa permanece invariable. De preferencia la primera etapa de variación unilateral se realiza antes de la segunda etapa de variación unilateral.

40 De preferencia la etapa de cálculo y/u optimización binocular se realiza de modo que la

primera y la segunda etapa de variación unilateral se realizan alternativamente una tras otra. Se comienza de preferencia con la primera etapa de variación unilateral.

De preferencia la etapa de cálculo y/u optimización binocular comprende una multiplicidad de etapas de variación bilaterales de forma que cada etapa de variación bilateral comprende:

- Modificación de por lo menos una superficie tanto del primero como del segundo cristal para gafa; y
- Evaluación de la función de rendimiento para los cristales para gafa modificados.

Además mediante la invención se facilita un conjunto de programas informáticos que contiene partes de programa diseñados, cuando están cargados y se ejecutan en un ordenador, para realizar un programa para la optimización de por lo menos un primer cristal para gafa para un par de cristales para gafa que se utiliza junto con un segundo cristal para gafa del par de cristales para gafa en una gafa para una determinada situación de uso, donde el método para la optimización de por lo menos una superficie del primer cristal para gafa comprende una etapa de cálculo y/o de optimización binocular que se realiza de modo que minimiza una función de rendimiento

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{bino} F_{bino} + \tilde{F}$$

el cual se define como suma de por lo menos una primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  y una función binocular  $F_{bino}$  con factores de ponderación correspondientes  $g^{(1)}$  o  $g^{bino}$

donde la primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  depende de dos valores de por lo menos una primera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m1)}$  en una multiplicidad de zona de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa y donde la función binocular  $F_{bino}$  para una multiplicidad de pares  $(i_1^b, i_2^b)$  de una zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa y una zona de valoración  $i_2^b$  binocular correspondiente en la situación de uso definida del segundo cristal para gafa depende de los valores de una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  tanto en la zona de valoración binocular y  $i_1^b$  del primer cristal para gafa así como en la zona de valoración binocular  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa donde la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  comprende una propiedad óptica no prismática, y donde el término restante  $\tilde{F}$  no depende de los valores de la primera propiedad óptica monocular en las zonas de valoración del primer cristal para gafa.

En un aspecto ulterior la invención presenta un soporte de datos con un programa informático donde el programa informático está concebido cuando se carga y se ejecuta sobre un ordenador para realizar un método para la optimización de por lo menos un primer cristal para gafa para un par de cristales para gafas que se utilizan junto con un segundo cristal para gafa del par de cristales para gafas en una gafa para una determinada situación de uso, donde el método para la optimización de la por lo menos una superficie del primer cristal para gafa comprende una etapa de cálculo y/u optimización binocular que se realiza de forma que se minimiza una función de rendimiento

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{bino} F_{bino} + \tilde{F}$$

definida como suma de por lo menos una primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  y una función binocular  $F_{bino}$  con factores de ponderación  $g^{(1)}$  o  $g^{bino}$  donde la primera función

monocular  $F_{mono}^1$  depende de los valores de por lo menos una primera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m1)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa, y en donde la función binocular  $F_{bino}$  para una multiplicidad de pares  $(i_1^b, i_2^b)$  de zona de valoración  $i_1^b$  binocular del primer cristal para gafa y una zona de valoración  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa en la situación de uso definida depende de los valores de una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  tanto en la zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa como también en la zona de valoración binocular  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa, donde la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  comprende una propiedad óptica no prismática y donde el término restante  $F$  no depende de los valores de la primera propiedad óptica monocular en la zona de valoración del primer cristal para gafa.

Finalmente mediante la invención se ofrece un dispositivo para la fabricación de un cristal para gafa, dispositivo que comprende:

- Medios para la obtención de datos de destino o especificaciones de datos de un cristal para gafa;
- Medios para el cálculo y la optimización para calcular y optimizar por lo menos un primer cristal para gafa para un par de cristales para gafa a utilizar junto con un segundo cristal para gafa del par de cristales para gafa en una gafa para una determinada situación de uso, donde el método para la obtención de la por lo menos una superficie del primer cristal para gafa comprende una etapa de cálculo y/u optimización binocular que se realiza de forma que se minimiza una función de rendimiento

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{bino} F_{bino} + \tilde{F}$$

que se define como suma de por lo menos una primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  y una función binocular  $F_{bino}$  con factores de ponderación correspondientes  $g^{(1)}$  o  $g^{bino}$  donde la primera función monocular  $F_{mono}^1$  depende de los valores de por lo menos una primera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m1)}$  con referencia a los datos de destino o especificaciones del primer cristal para gafa en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa, y donde la función binocular  $\tilde{F}_{bino}$  para una multiplicidad de pares  $(i_1^b, i_2^b)$  de una zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa y una zona de valoración binocular correspondiente en la situación de uso definida  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa depende de los valores de una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  tanto en la zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa como en la zona de valoración  $i_2^b$  binocular del segundo cristal para gafa, donde la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  comprende una propiedad óptica no prismática y donde el término restante  $F$  no depende de los valores de la primera propiedad óptica monocular en las zonas de valoración del primer cristal para gafa.

Aquí, es posible medir automáticamente los datos de destino para el por lo menos un cristal para gafa como datos de receta individuales del usuario de la gafa, en particular junto con otros datos individuales del usuario, en particular de una posición de uso individual y/o modelo de distancia al objeto individual o transmitirlos al sistema o al dispositivo para la fabricación de un cristal para gafa por medio de una interfaz de usuario como medio de obtención de datos.

En particular los datos de receta de los dos cristales del par de cristales para gafa y/o los datos individuales del usuario de la gafa, de la posición de uso y/o del modelo de objeto se tienen que transmitir de preferencia por teletransmisión de datos y/o "online" a un dispositivo según la invención para la fabricación de un cristal para gafa. La optimización del cristal para gafa teniendo en cuenta la anisometropía del usuario de la gafa se realiza en virtud de los datos de receta y/o de los datos individuales transmitidos. De este modo los datos de destino constituyen en particular la base para las especificaciones teóricas o de destino a tener en cuenta en la función de rendimiento de las propiedades ópticas del cristal para gafa, en particular en la posición de uso individual.

Los cristales para gafa y/o superficies de cristales para gafa optimizados según la invención se fabrican de preferencia con herramientas de mando numérico de cristal mineral o plástico.

[A continuación se describe la invención sobre la base de formas de realización preferidas con referencia a las figuras adjuntas:

Las Fig. 1A y 1B muestra isolíneas de la diferencia de astigmatismo para un cristal para gafa optimizado en la forma habitual (Fig. 1A) y un cristal para gafa (Fig. 1 B) optimizado según la invención en posición de uso (cristal + ojo);

Las Fig. 2A y 2B muestran isolíneas de la diferencia de distancia focal para un cristal para gafa optimizado en la forma habitual (Fig. 2A) y un cristal para gafa (Fig. 2B) optimizado según la invención en posición de uso (cristal + ojo);

Las Fig. 3A y 3B muestran isolíneas del desequilibrio de refracción para un cristal para gafa (Fig. 3A) optimizado en la forma habitual y un cristal para gafa (Fig. 3B) optimizado según la invención en posición de uso (cristal + ojo); y

La Fig. 4 muestra una representación esquemática de un ejemplo del dispositivo preferido para la optimización y/o la fabricación de por lo menos un cristal para gafa.

Para la optimización y la fabricación de pares de cristales para gafa según la invención se utiliza en particular un método de optimización en el cual se incorporan diferencias binoculares respecto de las propiedades de uso en una función de rendimiento. Aquí, según la invención se tienen en cuenta las propiedades ópticas locales de los cristales para gafa en el camino óptico real de una situación de uso determinada y no solamente los valores de superficie.

[Para mejorar la comprensión se representa primero una optimización monocular, como se describe por ejemplo en W. Becken et al., "Optimierung der Abbildungseigenschaften unter physiologischen Aspekten", Z. Med. Phys, 1/2007 ("Optimización de las propiedades de reproducción bajo aspectos fisiológicos"). Lo decisivo para la corrección completa es una igualdad de la matriz de vergencia  $S_{SK}$  del frente de ondas en el globo cenital vértice en el camino óptico de uso con la matriz correspondiente  $S_{Ref}$  de la refracción. Una corrección completa en todas las zonas de

valoración de un cristal para gafa al mismo tiempo no es posible por lo general. Para la minimización está también la matriz de vergencia de diferencia  $S_{\Delta} = S_{SK} - S_{Ref}$  del déficit de refracción, lo cual equivale a una minimización de su equivalente esférico  $S_{\Delta}$  y de su cilindro  $Z_{\Delta}$  (estos corresponden al valor medio o al valor de diferencia de los valores propios de la matriz de vergencia-diferencia  $S_{\Delta}$ ). Se ha comprobado que resulta ventajoso para la estabilidad de la optimización fijar valores finitos  $S_{\Delta, Soll}$  y  $Z_{\Delta, Soll}$  de  $S_{\Delta}$  y  $Z_{\Delta}$  ya como especificación (las denominadas especificaciones teóricas), de modo que la optimización se centra en la minimización de la siguiente función de rendimiento (monocular):

$$F_{mono} = \sum_i g_z(i)(Z_{\Delta}(i) - Z_{\Delta, Soll}(i))^2 + g_s(i)(S_{\Delta}(i) - S_{\Delta, Soll}(i))^2 \quad (1)$$

Aquí la suma pasa de preferencia por las más de 10.000 zonas de valoración  $i$  del cristal de gafa a optimizar, donde  $g_z(i)$  y  $g_s(i)$  designan pesos locales o factores de ponderación.

Según una forma de realización preferida de la invención se definen  $K$  ( $K \geq 1$  es un número entero) propiedades binoculares  $Bin^{(k)}$ ,  $k = 1, \dots, K$  (que se especifican en lo que sigue en relación con formas preferidas de realización) se tiene de este modo como función de rendimiento para una etapa de cálculo y/u optimización binocular por lo menos de una superficie de un primer cristal para gafa, de preferencia la función

$$F = g^r F_{mono}^r + g^l F_{mono}^l + g^{bino} F_{bino} \quad (2)$$

donde  $g^{(1)} = g^r$ ,  $g^{(2)} = g^l$  y  $g^{bino}$  pesos y/o factores de ponderación y  $F_{mono}^{(1)} = F_{mono}^r$  y  $F_{mono}^{(2)} = F_{mono}^l$  designan una primera función monocular y/o derecha y una segunda función monocular y/o izquierda. De preferencia las funciones monoculares se presentan de forma análoga a la ecuación (1):

$$\begin{aligned} F_{mono}^r &= \sum_{i_r \in G_r} g_{Z,r}(i_r)(Z_{\Delta}(i_r) - Z_{\Delta, Soll}(i_r))^2 + g_{S,r}(i_r)(S_{\Delta}(i_r) - S_{\Delta, Soll}(i_r))^2 \\ F_{mono}^l &= \sum_{i_l \in G_l} g_{Z,l}(i_l)(Z_{\Delta}(i_l) - Z_{\Delta, Soll}(i_l))^2 + g_{S,l}(i_l)(S_{\Delta}(i_l) - S_{\Delta, Soll}(i_l))^2 \end{aligned} \quad (3)$$

La evaluación de las dos funciones monoculares en la ecuación (3) se realiza de forma independiente donde el índice  $i_r$  en  $F_{mono}^r$  pasa por todas las zonas de valoración en el cristal derecho ( $i_r \in G_r$ ) y el índice  $i_l$  en  $F_{mono}^l$  por todas las zonas en el cristal izquierdo ( $i_l \in G_l$ ).

En una forma de realización preferida se define la función binocular de este modo

$$F_{bino} = \sum_k \left( \begin{aligned} &\sum_{i_r \in GB_r} g_{Bin}^{(k)}(i_r)(Bin^{(k)}(i_r) - Bin_{Soll}^{(k)}(i_r))^2 \\ &+ \sum_{\substack{i_r \in G_r \\ i_r \in GB_r}} g_{Bin}^{(k)}(i_r)(Bin^{(k)}(i_r) - Bin_{Soll}^{(k)}(i_r))^2 \\ &+ \sum_{\substack{i_l \in G_l \\ i_l \in GB_l}} g_{Bin}^{(k)}(i_l)(Bin^{(k)}(i_l) - Bin_{Soll}^{(k)}(i_l))^2 \end{aligned} \right) \quad (4)$$



donde el índice  $k$  pasa por todas las propiedades binoculares a tener en cuenta y los índices  $i_r, i_l$  por todas las zonas de valoración. Las magnitudes  $Bin^{(k)}$  son propiedades binoculares (véase más así como la Tabla 2), y  $Bin_{Soll}^{(k)}$  son sus especificaciones teóricas o valores teóricos locales. Además los  $g_{Bin}^{(k)}$  son funciones de ponderación binoculares locales en función de las zonas de valoración. Las designaciones  $g_{Bin}^{(k)}(i_l), Bin^{(k)}(i_l), Bin_{Soll}^{(k)}(i_l)$  en argumento  $(i_l)$  está en particular como abreviatura para el par de puntos  $(P_l(i_l), P_r(i_l))$  desde un punto  $P_l$  sobre el cristal izquierdo y un punto  $P_r$  sobre el cristal derecho, donde no obstante ambos puntos se pueden definir mediante el índice izquierdo  $i_l$ . El argumento  $(i_r)$  a su vez está particularmente como abreviatura de un par de puntos de este tipo  $(P_l(i_r), P_r(i_r))$ , que ya se puede definir sólo mediante el índice derecho  $i_r$ . Los puntos pueden situarse opcionalmente por ejemplo sobre la superficie delantera o la superficie trasera.

El par de puntos  $(P_l, P_r)$  designa aquí las zonas sobre el cristal para gafa correspondiente, para las que en particular se tienen que comparar las propiedades monoculares en ambos cristales. Sobre los cristales se distinguen ahora en particular diversos territorios:

- a) el territorio calculable binocularmente  $GB_r$  y/o  $GB_l$ : cada par de puntos  $(P_l, P_r)$  para el que  $P_l$  es el punto de intersección del rayo principal izquierdo sobre el cristal izquierdo y  $P_r$  es el punto de intersección del rayo principal derecho sobre el cristal derecho, donde ambos rayos principales se caracterizan por el hecho de que se cortan en el espacio del objeto sobre una superficie del objeto a especificar; se denomina par de puntos correspondientes. El territorio con puntos  $P_l$  sobre el cristal izquierdo para los cuales se puede encontrar un punto correspondiente  $P_r$  sobre el cristal derecho, recibe aquí el nombre de territorio calculable binocular  $GB_l$  del cristal derecho. (Falta este párrafo). La cantidad discreta de índices  $i_l, i_r$  para los cuales están los puntos  $P_l(i_l)$  o  $P_r(i_r)$  en  $GB_l$  o  $GB_r$ , reciben también aquí el nombre de  $GB_l$  o  $GB_r$ .
- b) el territorio no binocular calculable en el cristal izquierdo, es decir  $i_l \in G_l$ , pero  $i_l \notin GB_l$
- c) el territorio calculable no binocular en el cristal derecho, es decir  $i_r \in G_r$  pero  $i_r \notin GB_r$

La primera suma en la ecuación (4) se refiere ahora a puntos en el territorio binocular calculable a). De preferencia se especifica primero el índice derecho  $i_r$  y se determina  $P_r$  y se determina el punto correspondiente sobre la superficie del objeto. A continuación se calcula a partir de ahí en una iteración del rayo principal un segundo rayo principal  $P_l$  con lo cual queda definido el par de puntos  $(P_l(i_r), P_r(i_r))$  en función de  $i_r$ . Alternativamente se puede determinar de forma análoga el par de puntos  $(P_l(i_l), P_r(i_l))$  también en función del índice izquierdo  $i_l$ . En ambos casos recorre la suma en la ecuación (4) todo el territorio binocular calculado. Sin que esto restrinja la generalidad, en lo que sigue, la primera suma se expresa como  $i_r \in GB_r$ .

La segunda suma en la ecuación (4) se refiere ahora a puntos en el territorio no binocular calculable del cristal izquierdo, territorio b). Esta contribución a la función

binocular no afecta directamente la visión binocular pero resulta ventajosa para lograr, para la compatibilidad del cristal para gafa o de los cristales para gafa una transición particularmente ventajosa de la función de rendimiento al borde del territorio binocular. De preferencia se determina para un índice dado  $i_r$  el punto  $P_l(i)$ , y se elige para ello el lugar del punto correspondiente (que no existe) el punto  $P_r(i)$  situado en simetría horizontal con  $P_l(i)$ .

La tercera suma en la ecuación (4) se refiere finalmente a puntos en el territorio no binocular calculable c) del cristal derecho que se puede computar mediante el índice  $i_r$ .

Las propiedades binoculares  $Bin^k(i)$  (donde se utiliza en lo que sigue en representación de  $i_l, i_r$  el índice  $i$ ) se definen según una forma de realización preferida del siguiente modo: en la zona de valoración  $i$  se calculan en ambos puntos  $P_l(i), P_r(i)$  por cada Q ( $Q \geq 1$  es un número entero) los valores de la propiedad óptica monocular  $Mon_r^{(q)}(i) := Mon_r^{(q)}(P_r(i)), Mon_l^{(q)}(i) := Mon_l^{(q)}(P_l(i))$   $q = 1, \text{ hasta } \dots Q$ . Como propiedad óptica binocular  $Bin^k(i)$  se define de preferencia una función de estas propiedades monoculares

$$Bin^{(k)}(i) = f^{(k)}(Mon_r^{(1)}(i), Mon_r^{(2)}(i), \dots, Mon_r^{(Q)}(i), Mon_l^{(1)}(i), Mon_l^{(2)}(i), \dots, Mon_l^{(Q)}(i)) \quad (5)$$

que incorpora por lo menos una propiedad monocular de cada lado, y que depende realmente de por lo menos un  $Mon_r^{(q)}(i)$  y de por lo menos uno de  $Mon_l^{(q)}(i)$ . La función  $f^{(k)}$  puede ser aunque no debe ser necesariamente la diferencia entre dos propiedades monoculares, por ejemplo  $Bin^{(k)}(i) = Mon_l^{(1)}(i) - Mon_r^{(1)}(i)$ .

De preferencia la propiedad óptica binocular  $Bin^{(k)}$  es una de las magnitudes que se puede formar a partir de los resultados izquierdo y derecho de la matriz  $S_\Delta$  del déficit de refracción monocular, de la matriz de aumento monocular N y/o el prisma monocular  $P_r$ .

Con la parametrización preferida

$$S_\Delta = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} \\ S_{xy} & S_{yy} \end{pmatrix}, N = \begin{pmatrix} N_{xx} & N_{xy} \\ N_{xy} & N_{yy} \end{pmatrix}, Pr = \begin{pmatrix} Pr_h \\ Pr_v \end{pmatrix} \quad (6)$$

la Tabla 1 muestra nuevas propiedades ópticas monoculares preferidas, a modo de ejemplo, que pueden entrar en la función de rendimiento como por lo menos una primera, segunda y/o tercera propiedad óptica monocular.

Q	Fórmula	Designación
1	$Mon_r^{(1)} = S_{\Delta,r} = \frac{1}{2}(S_{xx,r} + S_{yy,r})$	Equivalente esférico del déficit de refracción monocular
2	$Mon_r^{(2)} = Z_{\Delta,r} = \sqrt{(S_{xx,r} - S_{yy,r})^2 + 4S_{xy,r}^2}$	Cilindro del déficit de refracción monocular

3	$Mon_r^{(3)} = \alpha_{\Delta,r} = \frac{1}{2} \arctan \frac{2S_{xy,r}}{S_{xx,r} + S_{yy,r}}$	Posición axial del déficit de refracción monocular
4	$Mon_r^{(4)} = N_r = \frac{1}{2} \sqrt{(N_{xy,r} - N_{yx,r})^2 + (N_{xx,r} + N_{yy,r})^2}$	Aumento monocular medio
5	$Mon_r^{(5)} = Z_r = \frac{1}{2} \sqrt{(N_{xy,r} + N_{yx,r})^2 + (N_{xx,r} - N_{yy,r})^2}$	Distorsión monocular media
6	$Mon_r^{(6)} = \psi_{N,r}$ $= \frac{1}{2} \arctan \frac{2(N_{xx,r}N_{xy,r} + N_{yx,r}N_{yy,r})}{N_{xx,r}^2 - N_{xy,r}^2 + N_{yx,r}^2 - N_{yy,r}^2}$	Dirección de aumento principal monocular
7	$Mon_r^{(7)} = \psi_{T,r} = \arctan \frac{N_{xy,r} - N_{yx,r}}{N_{xx,r} + N_{yy,r}}$	Ángulo de torsión monocular
8	$Mon_r^{(8)} = Pr_{h,r}$	Prisma horizontal monocular
9	$Mon_r^{(9)} = Pr_{v,r}$	Prisma vertical monocular

El equivalente esférico  $S_{\Delta}$  corresponde aquí al valor medio de los valores propios de  $S_{\Delta}$ . El valor  $Z_{\Delta}$  del cilindro corresponde de este modo a la diferencia entre los valores propios de  $S_{\Delta}$ . El ángulo  $\alpha_{\Delta}$  representa la dirección de uno de los vectores propios de  $S_{\Delta}$ . En particular mediante  $S_{\Delta}$ ,  $Z_{\Delta}$  y  $\alpha_{\Delta}$  quedan caracterizados completamente los tres grados de libertad de la matriz simétrica  $S_{\Delta}$ . La matriz de aumento  $N$  es asimétrica y posee por lo tanto un grado de libertad más que la matriz simétrica  $S_{\Delta}$ . El ángulo de torsión se define en particular de forma que el producto  $R(\psi_T)N$  con la matriz de rotación  $R(\psi_T) = ((\cos \psi_T, -\sin \psi_T), (\sin \psi_T, \cos \psi_T))$  es simétrica. Con este producto se procede entonces como con  $S_{\Delta}$ , es decir  $N$  es el valor medio de los valores propios de  $R(\psi_T)N$ ,  $Z$  es su diferencia y  $\psi_N$  es la dirección de uno de los vectores propios de  $R(\psi_T)N^*$ .

En lo que sigue se representa una serie de funciones binoculares preferidas  $Bin^{(k)}$ . Éstas se dejan representar en particular como funciones (es decir en función de) de valores de las funciones monoculares preferidas descritas anteriormente  $Mon^{(q)}$ , donde el índice  $q$  sirve únicamente como referencia a la numeración elegida antes de las funciones monoculares y además no tiene ninguna importancia limitadora. Esto no supone ningún orden o ponderación de las funciones monoculares necesario para la invención.

Se ha considerado práctico formar las diferencias binoculares izquierda-derecha no solamente según propiedades como en la Tabla 1, sino también mediante combinaciones determinadas de estas propiedades que se pueden interpretar fácilmente. Si se calculan las matrices  $S_{\Delta,r}$  y  $S_{\Delta,l}$  determinadas por las primeras tres propiedades para el déficit de refracción en las zonas de valoración  $P_r(i)$  o  $P_l(i)$  se

puede formar entonces a partir de ahí la matriz de diferencia binocular  $\Delta S_{\Delta} = S_{\Delta, l} - S_{\Delta, r}$  del déficit de refracción y calcular entonces a partir de ahí magnitudes  $S_{\Delta, lr}$ ,  $Z_{\Delta, lr}$ ,  $\alpha_{\Delta, lr}$  de forma análoga a  $S_{\Delta}$ ,  $Z_{\Delta}$ ,  $\alpha_{\Delta}$  (véase  $Bin^{(1)}$  a  $Bin^{(3)}$  en la Tabla 2). En otra forma de realización preferida las secciones principales menores o las mayores se someten a una comparación izquierda-derecha ( $Bin^{(4)}$  o  $Bin^{(5)}$ ). En otra forma de realización preferida se forma la norma de la matriz de diferencia  $\Delta S_{\Delta}$  ( $Bin^{(6)}$ ) y/o se comparan directamente los valores del cilindro y/o las posiciones axiales ( $Bin^{(7)}$  o  $Bin^{(8)}$ ). Una comparación directa del equivalente esférico (designado a veces también “desequilibrio de refracción”) se representa como  $Bin^{(1)}$ .

Para comparar la matriz de aumento izquierda y derecha existen otras posibilidades debido a sus asimetrías. Se prefiere particularmente la primera formación diferencial directa de aumento, distorsión, dirección de aumento principal y/o torsión ( $Bin^{(9)}$  a  $Bin^{(12)}$ ). Alternativamente o adicionalmente se calculan de preferencia las participaciones simétricas de las dos matrices de aumento, se forma a partir de ahí la matriz de diferencia  $R(\psi_{T, l}) N_l - R(\psi_{T, r}) N_r$  y a partir de ésta de forma análoga a  $\Delta S_{\Delta}$  el valor medio de los valores propios, se forma su diferencia y/o la dirección principal y se tiene en cuenta en la función binocular. El valor medio de los valores propios viene dado ya por  $Bin^{(9)}$ , las otras dos magnitudes corresponden a  $Bin^{(13)}$  y  $Bin^{(14)}$ . Análogamente a  $Bin^{(6)}$  se forma la norma de la matriz de diferencia  $N_l - N_r$  ( $Bin^{(15)}$ ) en otra forma de realización preferida.

En otra forma de realización preferida se forma mediante

$$N^Q = N_l N_r^{-1} = \begin{pmatrix} N_{xx}^Q & N_{xy}^Q \\ N_{yx}^Q & N_{yy}^Q \end{pmatrix}, \quad (7)$$

la matriz de cocientes de aumento para comparar la matriz de aumento izquierda y la derecha. La matriz de cocientes de aumento es igual a la matriz de unidades cuando ambas matrices de aumento son idénticas. Para la matriz de cocientes de aumento  $N^Q$  se calculan de preferencia de forma análoga a  $N$  el aumento, la distorsión, la posición de la dirección de aumento principal y/o la torsión ( $Bin^{(16)}$  a  $Bin^{(19)}$ ) y se tiene en cuenta en la función binocular. Si las dos matrices de aumento  $N_l$  y  $N_r$  son iguales entonces  $N^Q = 1$  es la matriz de unidad y su aumento es 1, la distorsión es 0, la dirección principal es indefinida y la torsión es 0.

En otra forma de realización preferida se tienen en cuenta alternativamente o adicionalmente a partir de los prismas de las propiedades ópticas monoculares la posición de vergencia horizontal y/o la diferencia de prisma vertical ( $Bin^{(20)}$  a  $Bin^{(21)}$ ) como propiedades ópticas binoculares en la función binocular. De esta forma se puede optimizar y/o fabricar de forma particularmente ventajosa un cristal para gafa o un par de cristales para gafa que se utilizarán en una gafa para corregir la anisometropía, en particular para tener en cuenta la anisometropía.

**Tabla 2:** Magnitudes binoculares que se tienen en cuenta alternativamente o en combinación según formas de realización preferidas en la función binocular

Fórmula	$Mon_{rechts}^{(q)}$ $Mon_{links}^{(q)}$	Designación
---------	---	-------------

$Bin^{(1)} = S_{\Delta,lr} = S_{\Delta,l} - S_{\Delta,r}$	$q = 1$	Equivalente esférico del desequilibrio de refracción binocular
$Bin^{(2)} = Z_{\Delta,lr} = \sqrt{Z_{\Delta,l}^2 + Z_{\Delta,r}^2 - 2Z_{\Delta,l}Z_{\Delta,r} \cos 2(\alpha_{\Delta,l} - \alpha_{\Delta,r})}$	$q = 2, 3$	Cilindro del desequilibrio de refracción binocular (diferencia astigmática)
$Bin^{(3)} = \alpha_{\Delta,lr}$ $= \frac{1}{2} \arctan \frac{Z_{\Delta,l} \operatorname{sen} 2\alpha_{\Delta,l} - Z_{\Delta,r} \operatorname{sen} 2\alpha_{\Delta,r}}{Z_{\Delta,l} \cos 2\alpha_{\Delta,l} - Z_{\Delta,r} \cos 2\alpha_{\Delta,r}}$	$q = 2, 3$	Posición axial del desequilibrio de refracción binocular
$Bin^{(4)} = S_{\Delta,lr}^- = (S_{\Delta,l} - \frac{1}{2}Z_{\Delta,l}) - (S_{\Delta,r} - \frac{1}{2}Z_{\Delta,r})$	$q = 1, 2$	Desequilibrio binocular en sección principal más pequeña
$Bin^{(5)} = S_{\Delta,lr}^+ = (S_{\Delta,l} + \frac{1}{2}Z_{\Delta,l}) - (S_{\Delta,r} + \frac{1}{2}Z_{\Delta,r})$	$q = 1, 2$	Desequilibrio binocular en sección principal más grande
$Bin^{(6)} = A_{\Delta,lr}$ $= \sqrt{(S_{xx,l} - S_{xx,r})^2 + (S_{yy,l} - S_{yy,r})^2 + 2(S_{xy,l} - S_{xy,r})^2}$	$q = 1, 2, 3$	Distancia dióptrica binocular entre el déficit de reacción izquierdo y derecho
$Bin^{(7)} = \Delta Z_{\Delta} =  Z_{\Delta,l} - Z_{\Delta,r} $	$q = 2$	Valor de la diferencia del cilindro binocular
$Bin^{(8)} = \Delta \alpha_{\Delta} = \alpha_{\Delta,l} - \alpha_{\Delta,r}$	$q = 3$	Diferencia binocular de la posición axial
$Bin^{(9)} = \Delta N = N_l - N_r$	$q = 4$	Diferencia de aumento binocular
Fórmula	$Mon_{rechts}^{(q)}$ $Mon_{links}^{(q)}$	Designación
$Bin^{(10)} = \Delta Z = Z_l - Z_r$	$q = 5$	Diferencia de distorsión binocular
$Bin^{(11)} = \Delta \psi_N = \psi_{N,l} - \psi_{N,r}$	$q = 6$	Diferencia binocular de las direcciones de aumento principal
$Bin^{(12)} = \Delta \psi_T = \psi_{T,l} - \psi_{T,r}$	$q = 7$	Diferencia de torsión binocular
$Bin^{(13)} = Z_{lr} = \sqrt{Z_l^2 + Z_r^2 - 2Z_lZ_r \cos 2(\psi_{N,l} - \psi_{N,r})}$	$q = 5, 6$	Distorsión de la diferencia binocular R $(\psi_{T,l}) N_l - R (\psi_{T,r}) N_r$ o participación simétrica de las matrices de aumento

$Bin^{(14)} = \psi_{N,l,r}$ $= \frac{1}{2} \arctan \frac{Z_l \sin 2\psi_{N,l} - Z_r \sin 2\psi_{N,r}}{Z_l \cos 2\psi_{N,l} - Z_r \cos 2\psi_{N,r}}$	$q = 5, 6$	Dirección principal de la diferencia binocular R ( $\psi_{T,l}$ ) $N_l - R$ ( $\psi_{T,r}$ ) $N_r$ de las participaciones simétricas de las matrices de aumento
$Bin^{(15)} = A_{N,l,r}$ $= \sqrt{(N_{xx,l} - N_{xx,r})^2 + (N_{yy,l} - N_{yy,r})^2 + 2(N_{xy,l} - N_{xy,r})^2}$	$q = 4, 5, 6, 7$	Norma de diferencia binocular entre la matriz de aumento izquierda y derecha
$Bin^{(16)} = N^Q$ $= \frac{1}{2} \sqrt{(N_{xy}^Q - N_{yx}^Q)^2 + (N_{xx}^Q + N_{yy}^Q)^2}$	$q = 4, 5, 6$	Aumento de la matriz de cocientes de aumento
$Bin^{(17)} = Z^Q$ $= \frac{1}{2} \sqrt{(N_{xy}^Q + N_{yx}^Q)^2 + (N_{xx}^Q - N_{yy}^Q)^2}$	$q = 4, 5, 6$	Distorsión de la matriz de cocientes de aumento
$Bin^{(18)} = \psi_N^Q$ $= \frac{1}{2} \arctan \frac{2(N_{xx}^Q N_{xy}^Q + N_{yx}^Q N_{yy}^Q)}{(N_{xx}^Q)^2 - (N_{xy}^Q)^2 + (N_{yx}^Q)^2 - (N_{yy}^Q)^2}$	$q = 4, 5, 6, 7$	Dirección de aumento principal de la matriz de cocientes de aumento
$Bin^{(19)} = \psi_T^Q = \arctan \frac{N_{xy}^Q - N_{yx}^Q}{N_{xx}^Q + N_{yy}^Q}$	$q = 4, 5, 6, 7$	Torsión de la matriz de cocientes de aumento
$Bin^{(20)} = \Delta Pr = Pr_{h,l} - Pr_{h,r}$	$q = 8$	Diferencia de prisma horizontal posición de vergencia horizontal
Fórmula	$Mon_{rechts}^{(q)}$ $Mon_{links}^{(q)}$	Designación
$Bin^{(21)} = \Delta Pr = Pr_{v,l} - Pr_{v,r}$	$q = 9$	Diferencia de prisma vertical

En una forma de realización preferida, la etapa binocular de cálculo y optimización se realiza de modo que el primer y/o segundo cristal para gafa (es decir opcionalmente la superficie delantera y/o la trasera) se define mediante coeficientes Spline  $n_l$  en el cristal izquierdo y coeficientes Spline  $n_r$  en el cristal derecho, pudiendo estar la rejilla Spline en las zonas de valoración, si bien esto no es obligatorio.

De preferencia el estado inicial para cada cristal (en particular para cada cristal que varía en la optimización binocular) de un estado monocular favorable. En particular

resulta adecuado para ello un cristal que se optimizó previamente monocular según la función de rendimiento en la ecuación (1).

En una forma de realización preferida la etapa de cálculo y/u optimización molecular comprende una optimización binocular unilateral. Esto resulta particularmente preferido cuando se prefiere un ojo por parte del usuario (un ojo de guía). Aquí se modifica de preferencia sólo el cristal en el otro lado y se acepta que sus propiedades monoculares empeoran si de este modo pueden mejorar las propiedades binoculares. Aquí se retienen por ejemplo los coeficientes  $n_l$  del cristal izquierdo mientras que los coeficientes  $n_r$  del cristal derecho se modifican de modo que se minimiza así la función de rendimiento en la ecuación (2).

Como en una optimización unilateral del cristal derecho la contribución de la función de rendimiento monocular del lado izquierdo  $F_{mono}^l$  en la ecuación (2) es constante, se puede omitir también de forma que en lugar de la ecuación (2) según la función de rendimiento se puede optimizar

$$F = g^r F_{mono}^r + g^{bino} F_{bino} \quad (8)$$

sin modificar el resultado para los cristales.

En otra forma de realización preferida en lugar de la función binocular de la ecuación (4) se utiliza como función binocular

$$F_{bino} = \sum_k \left( \begin{array}{l} \sum_{i_r \in GB_r} g_{Bin}^{(k)}(i_r) (Bin^{(k)}(i_r) - Bin_{Soll}^{(k)}(i_r))^2 \\ + \sum_{\substack{i_r \in G_r \\ i_r \notin GB_r}} g_{Bin}^{(k)}(i_r) (Bin^{(k)}(i_r) - Bin_{Soll}^{(k)}(i_r))^2 \end{array} \right) \quad (9)$$

En la función de rendimiento de la ecuación (8) o la ecuación (2).

En otra forma de realización preferida de la presente invención la etapa de cálculo y/u optimización binocular comprende una optimización binocular simultánea de ambos lados sin condiciones secundarias. En particular en la optimización binocular que se realiza según la ecuación (2) se modifican simultáneamente todos los coeficientes Spline  $n_l + n_r$  para lo cual se utiliza de preferencia un algoritmo de búsqueda Newton (u otro método) para minimizar la función de rendimiento. La designación "sin condiciones secundarias" significa aquí que todos los coeficientes Spline  $n_l + n_r$  son realmente independientes entre sí. Esto resulta particularmente ventajoso cuando los dos cristales para gafa son diferentes, como por ejemplo en caso de anisometropía. En el caso de isometropía se puede utilizar una optimización independiente de ambos cristales por ejemplo para tratar mediante pesos diferentes propiedades monoculares determinadas de una forma diferente de un lado y de otro. Para la optimización binocular simultánea de ambos lados sin condiciones secundarias las modificaciones de las funciones de rendimiento de las ecuaciones (8) y (9) no resultan adecuadas ya que se modifican ambos cristales.

En otra forma de realización preferida de la presente invención la etapa de cálculo y/u optimización binocular comprende una optimización binocular simultánea de ambos lados con condiciones secundarias. En particular, en una forma de realización preferida se optimizan y/o se fabrican en simetría especular el cristal para gafa izquierdo y derecho. En este caso se tiene de preferencia  $n_l = n_r$  y los coeficientes Spline del

cristal izquierdo son idénticos a los del cristal derecho. De preferencia se equiparan también con el derecho las especificaciones o valores teóricos y pesos de la izquierda. En la función de rendimiento de la ecuación (2) se tiene  $F_{mono}^l = F_{mono}^r$ , y en la función de rendimiento binocular de la ecuación (2) la segunda y la tercera suma parcial son idénticas. En este caso especial las dos variaciones de las funciones de rendimiento de las ecuaciones (8) y (9) no modifican el resultado respecto de las ecuaciones (2), (4). Por razones de simetría, es decir debido a  $g^l F_{mono}^l$  y a la igualdad en la segunda y tercera suma en la ecuación (4) estas modificaciones son equivalentes a las funciones de rendimiento iniciales de las ecuaciones (2), (4) cuando en la ecuación (2) se pone  $g^l \rightarrow g^l/2$ ,  $g^r \rightarrow g^r/2$  y en la ecuación (4)  $g_{Bin}^{(k)}(i_r) \rightarrow g_{Bin}^{(k)}(i_r)/2$  para  $i_r \notin GB_r$ . Como estado de partida para la optimización binocular con condiciones secundarias se tiene de preferencia un solo cristal monocular optimizado. En particular también resulta adecuado según la ecuación (1) un cristal monocular optimizado.

En otra forma de realización preferida de la presente invención la etapa de cálculo y optimización binocular comprende una optimización binocular secuencial a ambos lados. De este modo se pueden optimizar los dos cristales para gafa, reduciendo para la etapa de cálculo y/u optimización el número elevado de grados de libertad del problema de optimización realizando alternativamente a izquierda y derecha una optimización binocular unilateral según la función de rendimiento de la ecuación (2) y (4). Cada proceso de optimización unilateral, es decir cada secuencia puede seguir hasta que el valor de la función de rendimiento ya no se modifica en esta secuencia, o se puede interrumpir antes cuando por ejemplo las modificaciones corresponden a un criterio determinado de cancelación. Reduciendo los parámetros libres se puede acelerar de forma notable el cálculo y/o la optimización y la fabricación.

De preferencia el cambio de optimización de izquierda a derecha puede proseguir hasta que ya no se modifique nada en el resultado. Este resultado final se distingue del de la optimización binocular simultánea a ambos lados sin condiciones secundarias pero constituye una buena aproximación si se eligen adecuadamente los números de etapa para las secuencias individuales. De preferencia el método comprende una etapa de determinación o definición de un ojo de guía. De forma particularmente preferida, la optimización secuencial comienza entonces con una modificación u optimización binocular del cristal para gafa opuesto al ojo de guía. En particular, las modificaciones en la primera etapa de optimización de la secuencia son las más fuertes. La modificación del ojo de guía respecto del óptimo monocular no se produce hasta la segunda secuencia y es proporcionalmente inferior.

En otra forma de realización preferida de la presente invención la etapa de cálculo y/o de optimización binocular comprende una optimización binocular secuencial de ambos lados con función de rendimiento modificada. Aquí, análogamente a la optimización binocular unilateral la función de rendimiento se modifica según la ecuación (8, 9).

Las figuras 1A a 3B muestran un ejemplo de una optimización binocular simultánea a ambos lados con condición secundaria. Estas figuras 1 a 8 se refieren a un sistema de coordenadas cartesianas situado tangencialmente a la superficie delantera del primer cristal para gafa y cuyo origen se encuentra preferentemente en la dirección de la mirada cero delante del ojo correspondiente. El plano x-y es preferentemente tangencial a la superficie delantera en el punto de referencia prismático o punto central



geométrico; todos los valores de las coordenadas  $x$  e  $y$  se dan en milímetros. Las distintas figuras muestran isolíneas de las magnitudes representadas.

En particular se trata aquí de una optimización y/o fabricación de un par de cristales para gafa progresivos que se utiliza en isometropía. Se trata en particular de un cristal negativo con prescripción  $Sph = -7,0$  dpt. Como condición marginal, según se describe más arriba, se equiparan de preferencia los coeficientes de la superficie a optimizar del cristal para gafa izquierdo y derecho.

Primero se realiza una optimización monocular minimizando la función de rendimiento representada en la ecuación (1). El cristal para gafa optimizado monocular que se obtiene es el punto de partida para una optimización monocular donde en la función monocular según la ecuación (9) se tiene en cuenta el desequilibrio de refracción como propiedad óptica binocular  $Bin^{(1)} = S_{\Delta, tr} = S_{\Delta, l} - S_{\Delta, r}$  según la Tabla 2. Las propiedades ópticas monoculares distancia focal y astigmatismo para la combinación del cristal para gafa y el ojo en la situación de uso determinada se representa en la figura 1 (astigmatismo) y la figura 2 (distancia focal) para el cristal para gafa monocular únicamente optimizado (figura 1A y/o 2A) y el cristal para gafa optimizado según la invención (figura 1B y/o 2B). En la figura 3 se muestra además la propiedad óptica binocular  $Bin^{(1)} = S_{\Delta, tr} = S_{\Delta, l} - S_{\Delta, r}$  para el cristal para gafa optimizado convencional (figura 3A) y el cristal para gafa optimizado según la invención (figura 3B). Mientras en el cristal para gafa convencional (figura 3A) aparecen en la parte de lejos valores para el desequilibrio de refracción  $S_{\Delta, tr} > 0,15$  dpt y en la parte de cerca incluso zonas con  $S_{\Delta, lr} > 0,3$  dpt, debido a la optimización según la invención se reducen los máximos valores que aparecen del desequilibrio de refracción  $S_{\Delta, lr} \geq 0,08$  dpt en la parte de lejos y  $S_{\Delta, tr} \leq 0,15$  dpt en la parte de cerca, con lo cual se puede mejorar notablemente las propiedades de reproducción y la compatibilidad del cristal para gafa.

De preferencia se calculan delante de los ojos del usuario de la gafa los puntos de recorrido de la vista correspondientes a la  $i$ -ésima zona de valoración del segundo cristal para gafa mediante Ray-Tracing suponiendo ortotropía en la posición de uso del primer cristal y del segundo cristal para gafa. En particular se calcula de este modo el recorrido de un primer rayo principal y el frente de ondas correspondiente. El primer rayo principal se define de preferencia como el rayo que discurre desde el centro de rotación del primer ojo (por ejemplo el derecho) por un punto de intersección sobre la superficie delantera o trasera del cristal para gafa a optimizar (por ejemplo el derecho) hasta un punto-objeto especificado. El punto de intersección del primer rayo principal con la superficie delantera o trasera del cristal para gafa a optimizar representa la  $i$ -ésima zona de valoración. El cálculo del frente de ondas se realiza de preferencia mediante el Tracing del frente de ondas.

A continuación se itera el recorrido de un segundo rayo principal suponiendo unas líneas fijas que se cortan (ortotropía) y a continuación se calcula el frente de ondas correspondiente al segundo rayo principal. El segundo rayo principal se define de preferencia como el rayo que discurre por el punto-objeto especificado, el segundo cristal de gafa (por ejemplo izquierdo) y el centro de rotación del segundo ojo (por ejemplo el izquierdo).

El punto de intersección del segundo rayo principal con la superficie delantera o trasera del segundo cristal para gafa representa el punto de recorrido de la vista del segundo cristal para gafa correspondiente a la  $i$ -ésima zona de valoración.

A partir de los datos del frente de ondas se pueden calcular las propiedades ópticas monoculares como por ejemplo la desviación astigmática y el error de refracción del frente de ondas en la *i*-ésima zona de valoración del primer y/o del segundo cristal para gafa en la situación de uso determinada. La desviación astigmática representa la diferencia entre el astigmatismo real del cristal para gafa y el astigmatismo requerido (teórico). Asimismo el error de refracción representa la diferencia entre la distancia focal real del cristal para gafa y la distancia focal requerida (teórica). De preferencia la diferencia astigmática representa la diferencia (según el método de los cilindros cruzados como se describe por ejemplo en la patente US 2003/0117578) entre las desviaciones astigmáticas así calculadas del primero y/o del segundo cristal para gafa. Según el método de cilindros pulsados se calcula la diferencia en el cilindro y/o el astigmatismo del cristal izquierdo y derecho para gafa, de preferencia del siguiente modo:

$$zyl_x = zyl_R \cdot \cos(2 \cdot A_R) - zyl_L \cdot \cos(2 \cdot A_L)$$

$$zyl_y = zyl_R \cdot \sin(2 \cdot A_R) - zyl_L \cdot \sin(2 \cdot A_L)$$

$$zyl_{Dif} = \sqrt{zyl_x^2 + zyl_y^2}$$

$$A_{Dif} = a \tan\left(\frac{zyl_y}{zyl_x}\right)$$

donde:

$zyl_R$  es el valor del cilindro del cristal para gafa derecho;

$A_R$  es la posición axial del cilindro del cristal para gafa derecho;

$zyl_L$  es el valor del cilindro del cristal para gafa izquierdo;

$A_L$  es la posición axial del cilindro del cristal para gafa izquierdo;

$zyl_{Dif}$  es el valor del cilindro resultante; y

$A_{Dif}$  es la posición axial del cilindro resultante.

El equilibrio de refracción representa el valor absoluto de la diferencia entre los efectos medios del cristal para gafa a utilizar y del segundo cristal para gafa.

Se obtiene de preferencia una diferencia prismática vertical proyectando los rayos principales del lado del ojo en el plano del ojo cíclope y expresando el ángulo entre las rectas en cm/m. El plano del ojo cíclope es el plano que pasa por el punto central de la recta que une los centros de rotación de ambos ojos y se sitúa verticalmente a esta recta.

Los dos ojos pueden ser ángulos modelo medios (por ejemplo ojos Gullstrand) dispuestos en una posición de uso media (por ejemplo según DIN 58 208 Parte 2). Alternativamente, los dos ojos pueden ser ojos modelos que tienen en cuenta los parámetros individuales de un usuario de gafa y están dispuestos en una posición de uso (individual) especificados. En relación con la definición del ojo cíclope o de coordenadas de ojo cíclope se remite además al manual "Refraktionsbestimmung" de Heinz Diepes, 3ª edición DOZ Verlag, Heidelberg 2004, Página 74 a 75 así como el

manual "Binokular Vision and Stereopsis" de Ian P. Howard, Brian J. Rogers, Oxford University Press, 1995, Páginas 38 a 39, Página 560.

5 Aquí es posible transmitir los datos de receta de los dos cristales del par de cristales para ojo y/o los datos individuales del usuario de la gafa, de la posición de uso y/o del modelo objeto de preferencia por transmisión de datos u "online" a un dispositivo según la invención para la fabricación de un cristal para gafa. La optimización del cristal para gafa teniendo en cuenta la anisometropía del usuario de la gafa se realiza sobre la base de los datos de receta transmitidos y/o datos individuales.

10 Los datos del segundo cristal para gafa (grosor, flecha de arco de la superficie delantera y la trasera y/o curvaturas locales), que se tienen en cuenta al calcular el recorrido del rayo principal y del frente de ondas correspondiente pueden ser datos teóricos que se refieren a un cristal para gafa de referencia con los valores de receta necesarios para la corrección del déficit de refracción (es decir con los efectos esféricos, cilíndricos, progresivos y/o prismáticos especificados).

15 No obstante es posible que los datos del cristal para gafa se obtengan midiendo la flecha de arco de la superficie delantera y/o de la trasera por ejemplo mediante dispositivos de exploración o un interferómetro. La medición se realiza de preferencia en puntos de una trama que se encuentra a una distancia especificada. La superficie completa puede reconstruirse a continuación mediante funciones Spline. De este modo  
20 es posible tener en cuenta eventuales diferencias debidas a la fabricación entre las flechas de arco también durante el cálculo o la optimización del cristal para gafa. Los datos de la medición del segundo cristal para gafa se pueden transmitir asimismo online a un dispositivo según la invención para la fabricación de un cristal para gafa.

25 De preferencia una de las dos superficies del primer cristal para gafa que es de preferencia la superficie delantera del lado del objeto es una superficie de simetría de rotación sencilla que es de preferencia la superficie trasera del lado del ojo de modo que se minimiza la función de rendimiento antes mencionada. La superficie así optimizada es por lo general una superficie no de simetría de rotación, por ejemplo una superficie esférica, atórica o progresiva.

30 Como se representa esquemáticamente en la figura 4 se ofrece además un producto de programas informáticos (por ejemplo un programa informático de la categoría de un dispositivo) 200 concebido de modo que una vez cargado y ejecutado sobre un ordenador adecuado 100 o una red puede ejecutar un método para la optimización y/o la fabricación de por lo menos un primer cristal para gafa para un par de cristales para  
35 gafa que se utilizan junto con un segundo cristal para gafa del par de cristales para gafa en una gafa para una determinada situación de uso. El programa informático 200 se puede guardar en un soporte de datos físico o un soporte de programa 120. El producto informático puede figurar además como señal de programa.

40 Teniendo en cuenta la figura 4 se describe a continuación una posible arquitectura informática o de red. El procesador 110 del ordenador 100 es por ejemplo un procesador central (CPU), un microcontrolador (MCU), o un procesador de señal digital (DSP). La memoria 120 simboliza elementos, que almacenan datos y órdenes limitadas en el tiempo o permanentes. A pesar de que para facilitar la comprensión la memoria 120 aparece como parte del ordenador 100, la función de memoria puede  
45 implementarse en otros lugares, por ejemplo en el procesador mismo (por ejemplo Caché, Registro) y/o también en la red 300, por ejemplo en los ordenadores 101/102.

La memoria 120 puede ser una Read Only Memory (ROM), Random Access Memory (RAM), una PROM programable o no programable o una memoria con otras opciones de acceso. La memoria 120 se puede implementar o almacenar físicamente en un soporte de programa legible por ordenador, por ejemplo:

- 5 (a) un soporte magnético (disco duro, disquete, cinta magnética);
- (b) un soporte óptico (CD-ROM, DVD);
- (c) un soporte de semiconductor (DRAM, SRAM, EPROM, EEPROM);

La memoria 120 se distribuye opcionalmente por medios diferentes. Las partes de la memoria 120 se pueden montar fijas o intercambiables. Para la lectura y la escritura el ordenador 100 utiliza medios conocidos como por ejemplo unidad de disco de disquete, etc.

La memoria 120 almacena componentes de apoyo como por ejemplo un Bios (Basic Input Output System), un sistema operativo (OS), una biblioteca de programas, un compilador, un intérprete y/o un programa de tratamiento de tablas y/o textos. Estos componentes no se representan para facilitar la comprensión. Los componentes de apoyo se pueden encontrar en el mercado y los pueden instalar en el ordenador 100 o implementarlos en el mismo.

El procesador 110, la memoria 120, el dispositivo de entrada y salida están unidos mediante por lo menos un Bus 130 y/o conectados o unidos entre sí a través de una Red 300 (mono, bi o multidireccional). El Bus 130 así como la red 300 constituyen conexiones lógicas y/o físicas que transmiten órdenes así como señales de datos. Las señales dentro del ordenador 100 son principalmente señales eléctricas, mientras que las señales en la red pueden ser eléctricas, magnéticas y/u ópticas o también inalámbricas.

Entornos de red (como la Red 300) son habituales en oficinas, redes informáticas, intranet e internet (es decir World Wide Web). La distancia física entre los ordenadores en la red carece de importancia. La Red 300 puede ser inalámbrica o alámbrica. A continuación se mencionan posibles ejemplos para la implementación de la Red 300: una red local (LAN), una red local inalámbrica (WLAN), una red Wide Area (WAN), una red ISDN, una conexión infrarroja (IR), una comunicación por radio, por ejemplo el Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) o una comunicación por satélite. Se conocen los protocolos de transmisión y los formatos de los datos. Como ejemplo de ello se tiene: TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), HTTP (Hypertext Transfer Protocol), URL (Unique Resource Locator), HTML (Hypertext Markup Language), XML (Extensible Markup Language), WML (Wireless Application Markup Language), Wireless Application Protocol (WAP), etc.

Dispositivos de entrada y salida pueden ser parte de una interfaz de usuario 160. El dispositivo de entrada 140 es un dispositivo que presenta datos e instrucciones para su tratamiento por el ordenador 100. Por ejemplo el dispositivo de entrada 140 es un teclado, un dispositivo indicador (ratón, trackball, cursor), micrófono, joystick, escáner. A pesar de que los ejemplos presentados son dispositivos con interacción humana, de preferencia por medio de una interfaz de usuario gráfica, el dispositivo 140 también puede trabajar sin interacción humana, como por ejemplo un receptor inalámbrico (por ejemplo mediante antena de satélite o terrestre), un sensor (por ejemplo un termómetro), un contador (por ejemplo un contador de unidades en una fábrica). El

dispositivo de entrada 140 se puede utilizar para leer el medio almacenado o el soporte 170.

5 El dispositivo de salida 150 se refiere a un dispositivo que indica las instrucciones y datos que ya han sido tratados. Como ejemplo se puede citar un monitor u otro indicador (válvula de rayos catódicos, pantalla plana, pantalla de cristal líquido, altavoz, impresora, alarma de vibración). De forma similar a lo que ocurre con el dispositivo de entrada 140, el dispositivo de salida 150 se comunica de preferencia con el usuario, preferentemente a través de una interfaz de usuario gráfica. El dispositivo de salida puede comunicar también con otros ordenadores 101, 102, etc.

10 El dispositivo de entrada 140 y el dispositivo de salida 150 se pueden combinar en un solo dispositivo. Se pueden facilitar opcionalmente ambos dispositivos 140, 150.

El programa y/o producto informático 200 comprende instrucciones de programa y opcionalmente datos que hacen que el procesador 110 realice, entre otras cosas, las etapas del procedimiento según la invención o formas preferidas de realización del mismo. En otras palabras, el programa informático 200 define la función del ordenador 100 y su interacción con el sistema de Red 300. El producto informático 200 puede encontrarse por ejemplo como código fuente en un lenguaje de programación deseado y/o como código binario en forma compilada. Es decir en una forma que pueda leer la máquina. Todo técnico se encuentra en condiciones de utilizar el conjunto de programas informáticos 200 junto con cada uno de los componentes de apoyo mencionados anteriormente (por ejemplo compilador, intérprete, sistema operativo).

A pesar de que el programa informático 200 se representa almacenado en el soporte 120, el programa informático 100 se puede almacenar también en cualquier otro lugar (por ejemplo en el soporte de datos o de programas 170).

25 El soporte de datos 170 se representa por ejemplo montado fuera del ordenador 100. Para transmitir los programas informáticos 200 al ordenador 100 se puede introducir el soporte de datos 170 en el dispositivo de introducción 140. El soporte de datos 170 se puede implementar como un soporte cualquiera legible por el ordenador, como por ejemplo uno de los medios mencionados anteriormente (por ejemplo memoria 120). La señal del programa 180 que se transmite de preferencia a través de la Red 300 al ordenador 100 puede contener también o ser parte de los programas informáticos 200.

30 También se conocen interfaces para acoplar los componentes individuales del sistema informático 50. Para simplificar no se representan las interfaces. Una interfaz puede ser por ejemplo una interfaz serial, una interfaz paralela, un Gameport, un Bus serial universal (USB), un modem interno o externo, un adaptador gráfico y/o una tarjeta de sonido.

Es posible en particular transmitir datos de receta de los cristales para gafa de preferencia junto con datos individuales del usuario de la gafa (inclusive los datos de la situación de uso individual) y/o datos del cristal para gafa (índice de refracción, flechas de arco de la superficie delantera y trasera) de preferencia a un dispositivo según la invención para la fabricación de un cristal para gafa. La optimización del cristal para gafa se realiza entonces preferentemente sobre la base de los datos de la receta y datos individuales transmitidos.

**Leyenda**

5	50	Sistema informático
	100, 101, 102	Ordenador
	110	Procesador
10	120	Memoria
	130	Bus
	140	Dispositivo de entrada
	150	Dispositivo de salida
	160	Interfaz de usuario
15	170	Soporte de datos
	180	Señal de programa
	200	Programas informáticos
	300	Red

**Reivindicaciones**

1. Método para la optimización y la fabricación de por lo menos un cristal para gafa para un par de cristales para gafa a utilizar junto con un segundo cristal para gafa del par de cristales para gafas en una gafa, para una determinada situación de uso, que comprende una etapa de cálculo y/o de optimización binocular de por lo menos una superficie del primer cristal para gafa, de forma que se minimice una función de rendimiento

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{bino} F_{bino} + \tilde{F}$$

que se define como la suma de por lo menos una primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  y una función binocular  $F_{bino}$  con factores de ponderación correspondientes  $g^{(1)}$  o  $g^{bino}$ , con un término restante  $\tilde{F}$ , donde la primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  depende de los valores de por lo menos una primera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m1)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa, donde la función binocular  $F_{bino}$  para una multiplicidad de pares  $(i_1^b, i_2^b)$  de una zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa y de una zona de valoración binocular  $i_2^b$  correspondiente en la situación de uso determinada del segundo cristal para gafa depende de los valores de una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  tanto en la zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa como en la zona de valoración binocular  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa, donde la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  comprende una propiedad óptica no prismática

y donde el término restante F no depende de los valores de la primera propiedad óptica monocular en las zonas de valoración del primer cristal para gafa,

donde la etapa de cálculo y/u optimización binocular se realiza de forma que en la función de rendimiento según

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{(2)} F_{mono}^{(2)} + g^{bino} F_{bino}$$

se tiene en cuenta como sumando siguiente una segunda función monocular  $F_{mono}^{(2)}$  con un factor de ponderación  $g^{(2)}$ , que depende de los valores de por lo menos una tercera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m2)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_2$  de un segundo cristal para gafa.

2. Método según la reivindicación, donde la etapa de cálculo y/u optimización binocular se realiza de forma que la por lo menos una propiedad óptica monocular tenida en cuenta en la primera y/o la segunda función monocular comprende el equivalente esférico  $Mon^{(1)} = S_{\Delta}$  y/o el valor del cilindro  $Mon^{(2)} = Z_{\Delta}$  del déficit de refracción del primero y/o del segundo cristal para gafa.

3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de cálculo y/o de optimización binocular se realiza de forma que la función binocular  $F_{bino}$  para cada par  $(i_1^b, i_2^b)$  de zonas de valoración binocular depende de la diferencia

$$Mon^{(b)}(i_1^b) - Mon^{(b)}(i_2^b)$$

entre el valor de la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa y el valor de la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la zona de valoración binocular correspondiente  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa.

4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de cálculo y/u optimización binocular se realiza de modo que en la primera y/o la segunda función monocular según

$$F_{mono}^{(s)} = \sum_m \sum_{i_s} g_s^{(m)}(i_s) (Mon^{(m)}(i_s) - Mon_{Soll}^{(m)}(i_s))^2$$

se tienen en cuenta desviaciones de los valores por lo menos de una propiedad óptica monocular  $Mon^{(m)}$  respecto de los valores teóricos correspondientes  $Mon_{s,Soll}^{(m)}$  en las zonas de valoración  $i_s$  del primero ( $s = 1$ ) y/o del segundo ( $s = 2$ ) cristal para gafa con los factores de ponderación correspondientes  $g_s^{(m)}(i_s)$  y que en la función binocular según

$$F_{bino} = \sum_k \sum_i g_{bin}^{(k)}(i) (Bin^{(k)}(i) - Bin_{Soll}^{(k)}(i))^2$$

se tienen en cuenta desviaciones de los valores de por lo menos una propiedad binocular  $Bin^{(k)}$  respecto de los valores teóricos correspondientes  $Bin_{Soll}^{(k)}$  en la zona de valoración  $i$  del primer cristal para gafa con los factores de ponderación correspondientes  $g_{bin}^{(k)}(i)$ , donde la suma de las zonas de valoración  $i$  se realiza por lo menos de las zonas de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa y la por lo menos una propiedad óptica binocular  $Bin^{(k)}$  para cada zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa depende tanto del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa como también del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la zona de valoración binocular correspondiente  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa.

5. Método según la reivindicación 4 que comprende además

- Determinación de una multiplicidad de primeras zonas de valoración monoculares  $i_1^m$  como aquellas zonas de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa respecto de las cuales no existe en la situación de uso determinada ninguna zona de valoración correspondiente del segundo cristal para gafa, y
- Hacer que una zona de valoración  $i_2$  del segundo cristal para gafa se corresponda como segunda zona de referencia monocular  $i_2^r$  con cada primera zona de valoración monocular  $i_1^r$ ,



- 5 - Donde la etapa de cálculo y optimización binocular se realiza de forma que la suma de las zonas de valoración  $i$  en la función binocular  $F_{\text{bino}}$  se realiza sobre todas las zonas de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa, y donde la por lo menos una propiedad óptica binocular  $Bin^{(k)}$  para cada primera zona de valoración monocular  $i_1^m$  del primer cristal para gafa depende tanto del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la primera zona de valoración monocular  $i_1^m$  del primer cristal para gafa como del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la segunda zona de referencia monocular  $i_2^r$  del segundo cristal para gafa correspondiente a esta primera zona de valoración monocular  $i_1^m$ ,
- 10 Donde el método comprende además:
- Determinación de una multiplicidad de segundas zonas de valoración monocular  $i_2^m$  como aquellas zonas de valoración  $i_2$  del segundo cristal para gafa respecto de las cuales no existe en la situación de uso definida ninguna zona de valoración correspondiente del primer cristal para gafa, y
  - Hacer que una zona de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa se corresponda como primera zona de referencia monocular  $i_1^r$  con cada segunda zona de valoración monocular  $i_2^m$
  - donde la etapa de cálculo y/o de optimización binocular se realiza de modo que la suma de las zonas de valoración  $i$  en la función binocular  $F_{\text{bino}}$  se realiza además sobre las segundas zonas de valoración binoculares,
  - y donde la por lo menos una propiedad óptica binocular  $Bin^{(k)}$  para cada segunda zona de valoración monocular  $i_2^m$  del segundo cristal para gafa depende tanto del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la segunda zona de valoración monocular  $i_2^m$  del segundo cristal de gafa como del valor de la por lo menos una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  en la primera zona de referencia monocular  $i_2^m$  del primer cristal para gafa correspondiente a esta primera zona de referencia monocular  $i_1^r$
- 25
- 30
- 35 **6.** Método según la reivindicación 5, donde a cada zona de valoración monocular  $i^m$  del primer cristal para gafa le corresponde la zona de valoración de simetría horizontal en la situación de uso determinada del otro cristal para gafa como zona de referencia  $i^r$  monocular correspondiente.
- 40 **7.** Método según una de las reivindicaciones anteriores que comprende, antes de la etapa de cálculo y/u optimización binocular una primera y/o una segunda etapa de cálculo y/u optimización de modo que la primera función monocular  $F_{\text{mono}}^{(1)}$  y/o la segunda función monocular  $F_{\text{mono}}^{(2)}$  se minimiza.

8. Método según una de las reivindicaciones anteriores que comprende además una etapa de determinación de un ojo de guía, donde se define como segundo cristal de la gafa el cristal de gafa del par de cristales de gafa correspondiente al ojo de guía.

5  
9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de cálculo y/u optimización binocular comprende una primera etapa de variación unilateral, de forma que la función de rendimiento  $F$  quede minimizada por la variación de la por lo menos una superficie del primer cristal para gafa mientras que permanece invariable el segundo cristal para gafa.

10  
10. Método según la reivindicación 9, donde la etapa de cálculo y/u optimización binocular comprende además una segunda etapa de variación unilateral de forma que la función de rendimiento  $F$  se minimiza con la variación de por lo menos una superficie del segundo cristal para gafa mientras que permanece invariable el primer cristal para gafa.

15  
20  
11. Método según la reivindicación 10, donde la etapa de cálculo y/u optimización binocular se realiza de forma que se ejecuta varias veces de forma alternativa y una detrás de otra la primera y la segunda etapa de variación unilateral.

25  
30  
12. Conjunto de programas informáticos que contiene partes de programa diseñados, cuando están cargados y se ejecutan en un ordenador, para realizar un programa para la optimización de por lo menos un primer cristal para gafa para un par de cristales para gafa que se utiliza junto con un segundo cristal para gafa del par de cristales para gafa en una gafa para una determinada situación de uso, donde el método para la optimización de por lo menos una superficie del primer cristal para gafa comprende una etapa de cálculo y/o de optimización binocular que se realiza de modo que minimiza una función de rendimiento

$$F = g^{(1)} F_{\text{mono}}^{(1)} + g^{\text{bino}} F_{\text{bino}} + \tilde{F}$$

35 el cual se define como suma de por lo menos una primera función monocular  $F_{\text{mono}}^{(1)}$  y una función binocular  $F_{\text{bino}}$  con factores de ponderación correspondientes  $g^{(1)}$  o  $g^{\text{bino}}$

40 donde la primera función monocular  $F_{\text{mono}}^{(1)}$  depende de los valores de por lo menos una primera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m1)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa y donde la función binocular  $F_{\text{bino}}$  para una multiplicidad de pares  $(i_1^b, i_2^b)$  de una zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal

para gafa y una zona de valoración  $i_2^b$  binocular correspondiente en la situación de uso definida del segundo cristal para gafa depende de los valores de una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  tanto en la zona de valoración binocular y  $i_1^b$  del

primer cristal para gafa así como en la zona de valoración binocular  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa donde la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  comprende una

5 propiedad óptica no prismática, y donde el término restante  $\tilde{F}$  no depende de los valores de la primera propiedad óptica monocular en las zonas de valoración del primer cristal para gafa,

10 donde la etapa de cálculo y/o optimización se realiza de forma que en la función de rendimiento según

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{(2)} F_{mono}^{(2)} + g^{bino} F_{bino}$$

15 se tiene en cuenta como sumando adicional una segunda función monocular  $F_{mono}^2$  con un factor de ponderación  $g^{(2)}$  que depende de los valores de por lo menos una tercera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m2)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $I_2$  del segundo cristal para gafa.

20 **13.** Soporte de datos con un programa informático donde el programa informático está concebido cuando se carga y se ejecuta sobre un ordenador para realizar un método para la optimización de por lo menos un primer cristal para gafa para un par de cristales para gafas que se utilizan junto con un segundo cristal para gafa del par de cristales para gafas en una gafa para una determinada situación de uso, donde el método para la optimización de la por lo menos una superficie del primer cristal para gafa  
25 comprende una etapa de cálculo y/u optimización binocular que se realiza de forma que se minimiza una función de rendimiento

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{bino} F_{bino} + \tilde{F}$$

30 definida como suma de por lo menos una primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  y una función binocular  $\tilde{F}_{bino}$  con factores de ponderación  $g^{(1)}$  o  $g^{bino}$  donde la primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  depende de los valores de por lo menos una primera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m1)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa, y en donde la función binocular  $F_{bino}$  para una multiplicidad de pares  $(i_1^b, i_2^b)$  de una zona de valoración  $i_1^b$  binocular del primer cristal para gafa y una zona de valoración  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa en la situación de uso definida depende de  
35 los valores de una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  tanto en la zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa como también en la zona de valoración binocular  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa, donde la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  comprende una propiedad óptica no prismática y donde el término restante  $F$  no depende de los valores de la primera propiedad óptica monocular en las zonas de valoración del primer cristal para gafa,  
40

donde la etapa de cálculo y/o optimización se realiza de forma que en la función de rendimiento según

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{(2)} F_{mono}^{(2)} + g^{bino} F_{bino}$$

se tenga en cuenta como sumando adicional una segunda función monocular  $F_{mono}^2$  con un factor de ponderación  $g^{(2)}$ , que depende de los valores de por lo menos una tercera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m2)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_2$  del segundo cristal para gafa.

**14.** Dispositivo para la fabricación de un cristal para gafa, que comprende:

- 10 - Medios para la obtención de datos de destino de un cristal para gafa;
- Medios para calcular y optimizar por lo menos un primer cristal para gafa para un par de cristales para gafa a utilizar junto con un segundo cristal para gafa del par de cristales para gafa en una gafa para una determinada situación de uso, donde el cálculo y la optimización de la por lo menos una superficie del primer cristal para gafa comprende una etapa de cálculo y/u optimización binocular que se realiza de forma que se minimiza una función de rendimiento

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{bino} F_{bino} + \tilde{F}$$

que se define como suma de por lo menos una primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  y una función binocular  $F_{bino}$  con factores de ponderación correspondientes  $g^{(1)}$  o  $g^{bino}$  donde la primera función monocular  $F_{mono}^{(1)}$  depende de los valores de por lo menos una primera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m1)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_1$  del primer cristal para gafa, y donde la función binocular  $\tilde{F}_{bino}$  para una multiplicidad de pares  $(i_1^b, i_2^b)$  de una zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa y una zona de valoración binocular correspondiente en la situación de uso definida  $i_2^b$  del segundo cristal para gafa depende de los valores de una segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  tanto en la zona de valoración binocular  $i_1^b$  del primer cristal para gafa como en la zona de valoración  $i_2^b$  binocular del segundo

30 cristal para gafa, donde la segunda propiedad óptica monocular  $Mon^{(b)}$  comprende una propiedad óptica no prismática y donde el término restante  $F$  no depende de los valores de la primera propiedad óptica monocular en las zonas de valoración del primer cristal para gafa,

donde la etapa de cálculo y/o optimización se realiza de forma que en la función de rendimiento según

$$F = g^{(1)} F_{mono}^{(1)} + g^{(2)} F_{mono}^{(2)} + g^{bino} F_{bino}$$

35 se tenga en cuenta como sumando adicional una segunda función monocular  $F_{mono}^2$  con un factor de ponderación  $g^{(2)}$ , que depende de los valores de por lo menos una tercera propiedad óptica monocular  $Mon^{(m2)}$  en una multiplicidad de zonas de valoración  $i_2$  del segundo cristal para gafa.

Fig 1B

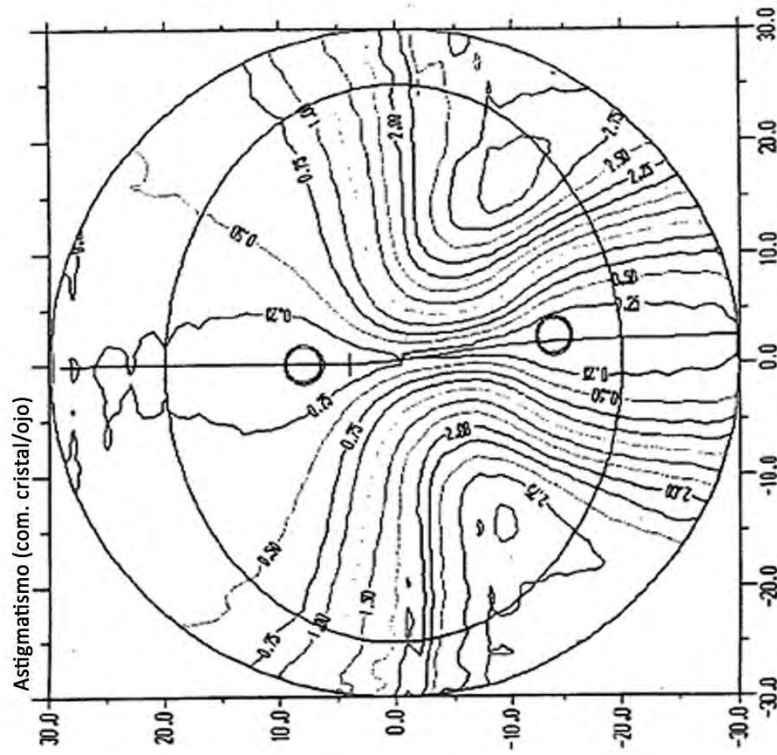


Fig 1A

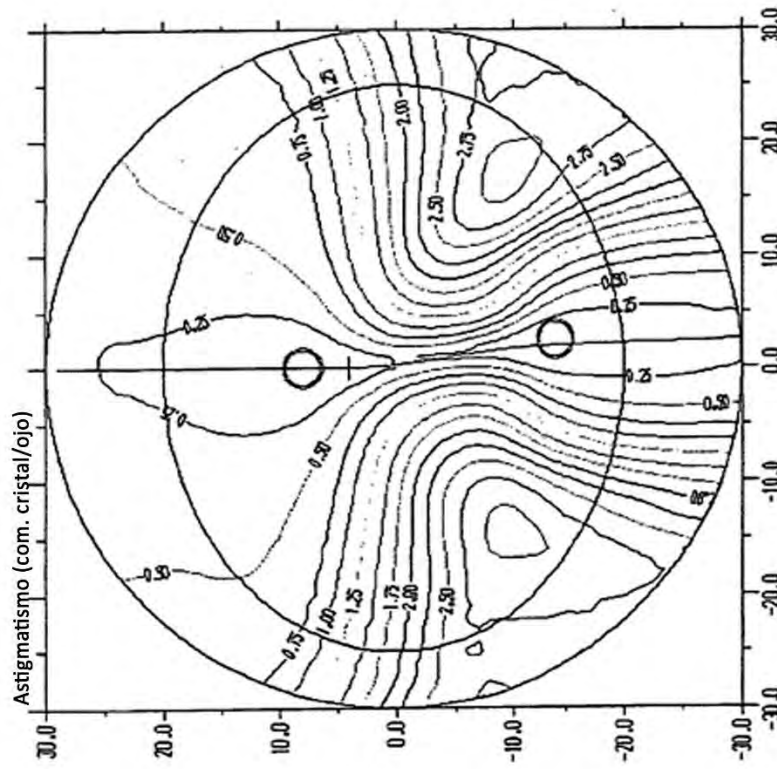


Fig 2B

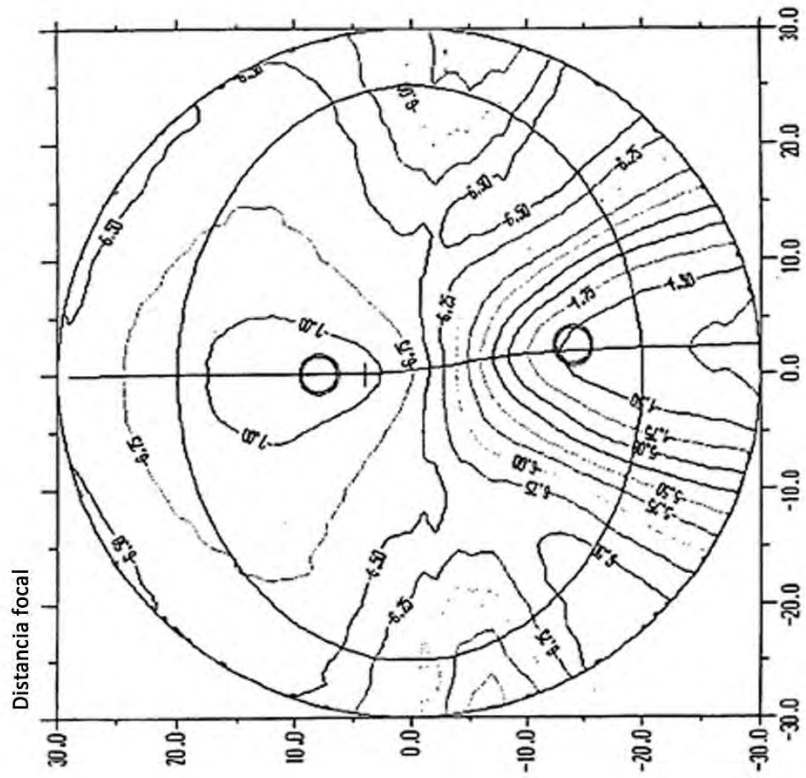


Fig 2A

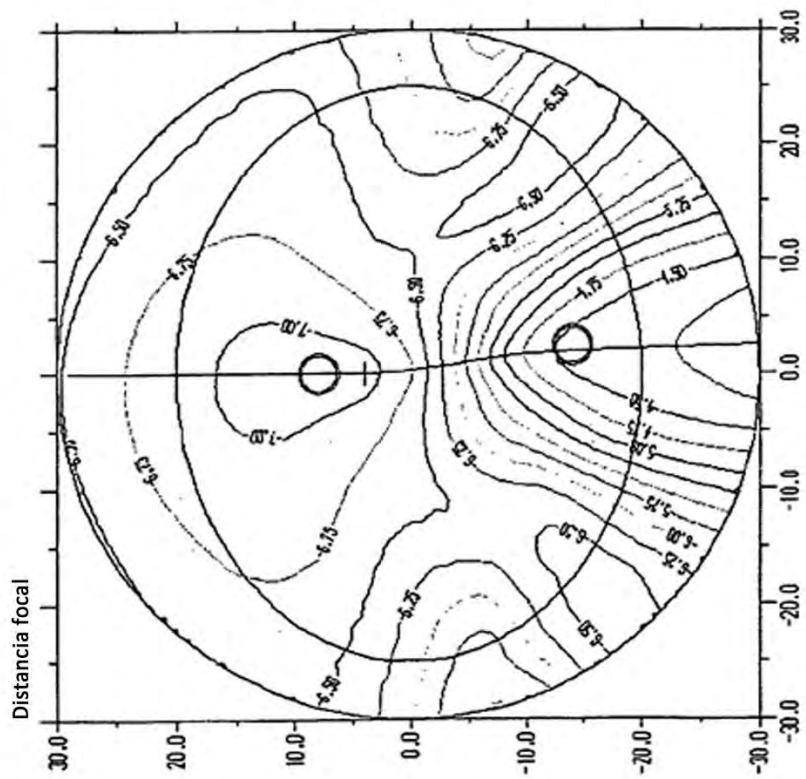




Fig 4

