

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 148**

51 Int. Cl.:

**G02C 7/02** (2006.01)

**G02C 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2011 E 14001194 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017 EP 2767862**

54 Título: **Adaptación dependiente de la prescripción e individualización de la función de distancia del objeto a distancias modificadas del objeto para visión cercana y/o lejana**

30 Prioridad:

**21.10.2010 DE 102010049168**

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

**10.01.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ALTHEIMER, HELMUT;  
KASTER, ROBERT;  
ZIMMERMANN, MARTIN;  
BECKEN, WOLFGANG;  
ESSER, GREGOR;  
UTTENWEILER, DIETMAR y  
WELK, ANDREA**

74 Agente/Representante:

**AYMAT ESCALADA, Carlos Jesús**

**ES 2 649 148 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

Adaptación dependiente de la prescripción e individualización de la función de distancia del objeto a distancias modificadas del objeto para visión cercana y / o lejana

5 Unos aspectos de la presente invención se refieren a un método implementado por ordenador para la optimización y fabricación de un cristal para gafa progresivo, unos dispositivos correspondientes para la optimización y la fabricación de un cristal para gafa progresivo, unos programas informáticos adecuados y unos soportes de datos.

10 La optimización de un cristal progresivo para gafa se realiza por lo general minimizando una función objetivo en la que entran valores objetivos y/o teóricos para por lo menos una magnitud óptica, por ejemplo astigmatismo y/o poder refringente o valores objetivos y/o teóricos para por lo menos una distorsión de la imagen, por ejemplo defecto astigmático y/o defecto de refracción del cristal progresivo para gafa. En la optimización del cristal para gafa se pueden tener en cuenta los valores individuales de prescripción (Sph, Zyl, Eje, Add, Prisma, Base), parámetros de la posición individual o disposición del cristal para gafa delante del ojo del usuario de la gafa (por ejemplo distancia córnea vértice (HSA), ángulo de inclinación de la montura (FSW), inclinación longitudinal y/o ángulo pantoscópico), parámetros fisiológicos (por ejemplo distancia pupilar). El cristal progresivo para gafa se puede optimizar y calcular "online" tras haber recibido el pedido como Unikat.

15 En las patentes DE 10 2008 015 189, DE 10 2009 005 206 o DE 10 2009 005 214 se propone además optimizar la distribución astigmática teórica sobre cuya base se ha optimizado el cristal para gafa progresivo, mediante una transformación de un diseño existente y/o dado (diseño inicial, diseño de base). Así por ejemplo en la patente DE 20 10 2008 015 189 se propone calcular las distribuciones astigmáticas teóricas para adiciones diferentes mediante una transformación de una distribución del astigmatismo teórico de base o inicial, especificado para una adición de base dada. En la patente DE 10 2009 005 206 o DE 10 2009 005 214 se propone mediante una manipulación de una línea de astigmatismo teórico de base dado generar distribuciones de astigmatismo teórico con amplitud variable de la zona de lejos y/o de cerca a partir de una distribución del astigmatismo teórico dada. Los métodos descritos en las patentes DE 10 2008 015 189, DE 10 2009 005 206 o DE 10 2009 005 214 permiten simplificar el método para la optimización de un cristal progresivo para gafa y configurarlo de forma eficiente y flexible. La patente WO 2008/089996 presenta un método implementado por ordenador para el cálculo de un diseño de cristal para gafa para un cristal para gafa progresivo individual con una posición vertical individual ajustable y variable del punto de referencia de lejos y/o de cerca. Uno de los objetivos principales de la invención consiste en ofrecer métodos mejorados para la optimización y fabricación de cristales progresivos para gafas.

30 Esto se consigue mediante un método implementado por ordenador para la optimización de un cristal para gafa progresivo con las características de la reivindicación 1, un programa informático con las características de la reivindicación 7, un soporte de datos con el programa informático correspondiente con las características de la reivindicación 8, un dispositivo para la optimización de un cristal progresivo para gafa de las características de la reivindicación 9, un método para la fabricación de un cristal progresivo para gafa con las características de la reivindicación 10 y un dispositivo para la fabricación de un cristal progresivo para gafa con las características de la reivindicación 11.

35 Como ya se ha indicado más arriba, la optimización de cristales progresivos para gafas se realiza por lo general minimizando una función objetivo en la cual se introducen valores objetivo y/o teóricos para por lo menos una magnitud óptica (por ejemplo astigmatismo y/o poder refringente) o valores objetivo y/o teóricos para por lo menos una aberración (por ejemplo defecto astigmático y/o desviación astigmática y/o defecto de refracción) del cristal progresivo para gafa. Los valores objetivo y/o teóricos que se introducen en la función objetivo de la por lo menos una características ópticas o de las por lo menos unas distorsiones de la imagen caracterizan el diseño de un cristal para gafa. Además el diseño de cristal para gafa puede comprender un modelo de distancia al objeto adecuado. El modelo de distancia al objeto puede comprender por ejemplo una función de distancia al objeto, que se define como la distancia al objeto recíproca a lo largo de la línea visual principal. En la patente DIN 58 208 Parte 2 (véase Figura 6) se indica un modelo de distancia al objeto estandarizado. El modelo de distancia al objeto puede diferir sin embargo del modelo de distancia al objeto estandarizado.

40 Se entiende por línea visual principal la sucesión de puntos de intersección de los rayos principales a través de la superficie de cristal para gafa correspondiente al mirar sobre una línea que se encuentra en el plano vertical que parte en dos la distancia de los dos puntos, centros de rotación (el denominado ojo cíclope). La superficie de cristal para gafa puede ser una superficie del lado del objeto o del lado del ojo. La posición de la línea en el plano del ojo cíclope se determina mediante el modelo de distancia al objeto elegido.

45 Por línea principal se entiende una línea esencialmente recta o helicoidal a lo largo de la cual se alcanza el aumento deseado de distancia focal del cristal para gafa desde la parte lejana a la cercana. La línea principal discurre esencialmente por el centro del cristal para gafa o de arriba a abajo, es decir a lo largo de una dirección esencialmente vertical. La línea principal representa por lo tanto una línea de construcción en el sistema de coordenadas de la superficie del lado del ojo o del lado del objeto que se va a utilizar para describir los valores teóricos. El recorrido de la línea principal del cristal para gafa se elige de modo que siga por lo menos de forma aproximada la línea visual principal. En la patente EP 1 277 079 A2 se describe por ejemplo un método para la adaptación de la línea principal a la línea visual principal.

50 La función de distancia al objeto (es decir la distancia al objeto recíproca en la línea visual principal) juega un papel esencial en la determinación del diseño y la optimización de cristales progresivos para gafas. Así se determina según el Teorema de Minkwitz con una corrección prácticamente total la característica básica de un cristal progresivo para gafas en el entorno de la línea visual principal, principalmente mediante el recorrido de la función de distancia al objeto  $A_1(y)$  a

lo largo de la línea visual principal.

Uno de los objetivos de la invención consiste por lo tanto en ofrecer un método eficiente y rápido para una adaptación automática de la función de distancia al objeto en distancias al objeto modificadas o en un modelo de distancia al objeto modificado.

5 Según un primer aspecto de la invención se propone un método implementado por ordenador para optimizar un cristal progresivo para gafa. Dicho método comprende las siguientes etapas:

especificar una función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$ ,

Obtención de datos de la distancia al objeto, donde los datos de la distancia al objeto comprenden una distancia al objeto en por lo menos un punto dado sobre la línea visual principal;

10 modificación o transformación de la función de distancia al objeto inicial en función de los datos de distancia al objeto obtenidos; y

optimización del cristal progresivo para gafa donde en la optimización del cristal para gafa se tiene en cuenta la función de distancia al objeto modificada/transformada.

15 La modificación/transformación de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  comprende una superposición de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  con una función de corrección  $A_{1Korr}(y)$ :

$$A_1(y) = A_{1G}(y) + A_{1Korr}(y). \quad (1)$$

La función de distancia al objeto refleja la distancia al objeto a lo largo de la línea visual principal en función de la coordenada vertical  $y$ . Dicho de otro modo, la función de distancia al objeto se define como la distancia al objeto recíproca a lo largo de la línea principal.

20 La función correcta presenta por lo menos un parámetro variable que se determina en función de los datos obtenidos de distancia al objeto de modo que el valor en la función de distancia al objeto inicial modificada es en por lo menos un punto dado igual al valor recíproco de la distancia al objeto teórica obtenida para dicho punto. En otras palabras el por lo menos uno parámetro variable (coeficiente) de la función de corrección se determina o establece de tal forma en función de los datos de la distancia al objeto obtenidos que se cumple la condición:

$$A_1(y = y_D) = A_{1D}, \quad (2)$$

25 Y en la fórmula anterior:

$A_{1D}$  es el valor recíproco de la distancia al objeto teórica obtenido en el por lo menos un punto D dado sobre la línea visual principal y el punto D es una coordenada vertical  $y_D$ ; y  $A_1(y = y_D)$  es el valor de la función de distancia al objeto  $A_1(y)$  en el punto dado D sobre la línea visual principal.

30 El sistema de coordenadas puede ser un sistema de coordenadas cualquiera, en particular uno de los sistemas de coordenadas descritos anteriormente  $\{x, y\}$  o  $\{u, y\}$ , donde  $u$  representa la distancia de la línea visual principal o de la línea principal. En un sistema de coordenadas  $\{x, y\}$  se tiene para los puntos sobre la línea visual principal ( $x = x_{HBL} = x_0, y$ ). En un sistema de coordenadas  $\{u, y\}$  de la línea visual principal se tiene para los puntos sobre la línea visual principal ( $u = 0, y$ ).

35 De preferencia los datos de distancia al objeto comprenden por lo menos una distancia al objeto teórica  $A_{1Ferne}$  (de lejos) en un punto de referencia lejano dado (punto de diseño Ferne (lejano) DF sobre la línea visual principal y una distancia al objeto teórica  $A_{1Nähe}$  (de cerca) en un punto de referencia cercano dado (punto de diseño cercano) DN sobre la línea visual principal. El por lo menos uno parámetro variable de la función de corrección se determina o establece de forma que el valor correspondiente de la función de distancia al objeto inicial modificada sea en el punto de referencia lejano y/o cercano igual al valor recíproco correspondiente de la distancia al objeto teórico obtenida para el punto de referencia lejano y/o cercano.

40 Dicho de otro modo, en este caso los datos de la distancia al objeto comprenden una distancia al objeto teórico para el punto de referencia lejano DF y una distancia al objeto teórico para el punto de referencia cercano DN. El punto de referencia lejano se encuentra sobre la línea visual principal a una altura vertical  $y_{DF}$ . El punto de referencia cercano se encuentra sobre la línea visual principal a una altura vertical  $y_{DN}$ . El por lo menos uno parámetro variable de la función de corrección se establece de modo que se cumplan las condiciones:

$$\begin{aligned} A_1(y = y_{DF}) &= A_{1Ferne}, \\ A_1(y = y_{DN}) &= A_{1Nähe} \end{aligned} \quad (3)$$

donde

$A_{1Ferne}$  es el valor recíproco de la distancia al objeto teórica en el punto de referencia lejano DF, y  
 $A_{1Nähe}$  es el valor recíproco de la distancia al objeto teórica en el punto de referencia cercano DN.

La función de distancia al objeto inicial, que recibe también el nombre función de distancia al objeto básica o función básica  $A_{1G}(y) = A_{1G}(x = x_0, y) = A_{1G}(u-0, y)$  puede ser cualquier función analítica o también una función de interpolación (por ejemplo función Spline). También se puede dar punto por punto  $A_{1G}(y)$ .

La función de distancia al objeto inicial puede describirse por ejemplo analíticamente por medio de una función asintótica doble de forma:

$$A_{1G}(y) = DAS_G(y) = b_G + \frac{a_G}{(1 + e^{c(y+d)})^m} \quad (4)$$

con los parámetros/variables  $a_G, b_G, c, d, m$ .

Una función asintótica doble presenta en particular las siguientes propiedades ventajosas:

- las dos asíntotas adoptan los valores  $b_G, y(b_G + a_G)$ ;
- con el parámetro variable  $d$  se puede controlar la posición vertical. De preferencia el parámetro  $d$  se sitúa en la zona  $-10 < d < 10$ , de preferencia en la zona  $-8 < d < 5$ ;
- cuanto mayor es el valor del parámetro variable  $c$  tanto más rápida la transición de una asíntota a otra. El parámetro  $c$  se elige de preferencia de modo que  $|c| < 1,5$ ;
- el parámetro  $m$  ( $m > 0$ ) describe la asimetría de la función. Con  $m = 1$  la función asintótica doble presenta una simetría puntual con el centro  $y = -d$ . De preferencia el parámetro  $m$  se sitúa entre  $0,2 < m < 2$ , y todavía mejor  $0,4 < m < 1$ ;
- si se elige para el parámetro variable  $c$  el signo negativo ( $c < 0$ ), se tiene:
  - asíntota de la parte cercana  $A_{1G}(y \rightarrow -\infty) = A_{1GNähe} = b_G; y$
  - asíntota de  $A_{1G}(y \rightarrow +\infty) = A_{1GFerne} = (b_G + a_G)$ .

Por lo general la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$ , que se asigna al diseño inicial (diseño básico) se especifica de forma que las distancias al objeto en el punto de referencia lejano DF y en el punto de referencia cercano DN (puntos de diseño cercano y lejano) corresponden aproximadamente a las distancias del objeto estándar  $A_{1Ferne}$  y  $A_{1Nähe}$ , es decir las distancias al objeto teóricas en el punto de referencia lejano y cercano según un modelo de distancia al objeto estándar. Los parámetros  $a_G, b_G$  pueden por lo tanto calcularse automáticamente sobre la base de las especificaciones estándar para las distancias al objeto recíprocas  $A_{1Ferne}$  y  $A_{1Nähe}$  en los puntos de referencia lejano y cercano DF y DN. En la patente DIN 58 208 Parte 2 se indica un modelo de distancia al objeto estándar.

Si un usuario de gafa elige distancias al objeto  $A_{1Ferne}$  y  $A_{1Nähe}$  que difieren en el número de referencia lejano y cercano, se superpone la función de distancia al objeto inicial con una función de corrección para tener en cuenta esta modificación.

La función de corrección  $A_{1Korr}(y)$  es

- una función de doble asíntota de la forma  $A_{korr}(y) = DAS_{Korr}(y) = b_{Korr} + \frac{a_{Korr}}{(1 + e^{c_{korr}(y+d_{korr})})^{m_{Korr}}}$  con los parámetros (coeficiente)  $a_{korr}, b_{korr}, c_{korr}, d_{korr}, m_{korr}$ ,
- una función lineal de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1Korr}(y) = c + mA_{1G}(y)$  con los parámetros (coeficientes)  $c$  y  $m$ .

Además se puede superponer la función de distancia al objeto inicial con otras funciones, para lograr por ejemplo una modificación determinada de la característica del diseño. Por ejemplo se puede superponer la función de distancia al objeto inicial con una función en forma de campana de Gauss  $A_{1korr}(y) = A_{1Gauss}(y) = g(y) = g_a + g_b e^{-\frac{y-y_0}{\sigma}}$  con los parámetros (coeficiente)  $g_a, g_b, y_0, \sigma$ .

Por lo menos uno de los parámetros de la función de corrección es variable y se establece en función de los datos de distancia al objeto obtenidos en particular de los valores teóricos modificados para las distancias al objeto en el punto de referencia lejano y/o cercano.

**[0027]** De preferencia la función de corrección es una función de asíntota doble de forma

$$A_{Korr}(y) = DAS_{Korr}(y) = b_{korr} + \frac{a_{korr}}{(1 + e^{c_{korr}(y+d_{korr})})^{m_{korr}}} \quad (5)$$

con los parámetros (coeficiente)  $a_{korr}, b_{korr}, c_{korr}, d_{korr}, m_{korr}$

En este caso se tiene:

$$A_1(y) = A_{1G}(y) + DAS_{korr}(y) \quad (6)$$

Los parámetros/coeficientes variables  $b_{korr}$  y  $a_{korr}$  de la función de corrección se determinan o establecen en función de los datos de distancia al objeto obtenidos.

De preferencia tanto la función de distancia al objeto inicial como la función de corrección son funciones asintóticas dobles. De preferencia la función de corrección presenta los mismos parámetros  $c$ ,  $d$  y  $m$  que los parámetros de la función de distancia al objeto inicial (es decir  $c = c_{korr}$   $d = d_{korr}$   $m = m_{korr}$ ). En este caso se tiene

$$A_1(y) = A_{1G}(y) + DAS_{Korr}(y) = \left( b_G + \frac{a_G}{(1 + e^{c(y+d)})^m} \right) + \left( b_{kor} + \frac{a_{korr}}{(1 + e^{c(y+d)})^m} \right) = (b_G + b_{korr}) + \frac{(a_G + a_{korr})}{(1 + e^{c(y+d)})^m} \quad (7)$$

De este modo se puede asegurar que la característica de la función de distancia al objeto inicial se mantiene esencialmente en el caso de distancias al objeto modificadas.

Con las dos condiciones  $A_1(y_{DF}) = A_{1Ferne}$  y  $A_1(y_{DN}) = A_{1Nähe}$  se determinan de forma unívoca los dos coeficientes  $b = (b_G + b_{korr})$  y  $a = (a_G + a_{korr})$  y por consiguiente también los coeficientes  $b_{korr} = (b - b_G)$  y  $a_{korr} = (a - a_G)$  de la función de corrección.

Los coeficientes/parámetros de la función de distancia al objeto inicial (función básica) y los coeficientes/parámetros de la función de corrección se pueden determinar y de preferencia separados en una memoria como archivo de datos. Esto permite una reproducción posterior sencilla y una modificación de los valores del diseño inicial.

Como ya se ha indicado anteriormente, la función de distancia al objeto inicial, que puede ser en particular una función asintótica doble, además de solaparse con una función de corrección  $A_{1Korr}(y)$  - se puede solapar con una función en forma de campana de Gauss  $A_{1Gauss}(y) = g(y) = g_a + g_b e^{-\frac{y-y_0}{\sigma}}$  con los parámetros/coeficientes  $g_a$ ,  $g_b, y_0, \sigma$ .

$$A_1(y) = A_{1G}(y) + A_{1Gauss}(y) = A_{1G}(y) + \left( g_a + g_b e^{-\frac{y-y_0}{\sigma}} \right) \quad (8)$$

En el caso de que la función de distancia al objeto inicial sea una función asintótica doble se tiene:

$$A_1(y) = A_{1G}(y) + A_{1Gauss}(y) = \left( b \frac{a}{(1 + e^{c(y+d)})^m} \right) + \left( g_a + g_b e^{-\frac{y-y_0}{\sigma}} \right) \quad (9)$$

Mediante el solapamiento de la función de distancia al objeto inicial (función básica) con una campana de Gauss (Función de Gauss) se puede modificar de forma precisa la característica de la curva de la función de distancia al objeto inicial. En particular la Función de Gauss hace que la función de distancia al objeto por encima del máximo de Gauss discorra de forma más plana. La modificación de la distancia focal se hace menor en esta zona, las líneas del iso-astigmatismo siguen desplazándose hacia afuera y la zona de cristal esencialmente sin defectos, por ejemplo la zona de cristal con un defecto astigmático inferior a 0,5 dpt, se ensancha. De este modo se pueden ponderar zonas (por ejemplo la zona intermedia) más altas o más bajas.

De este modo por ejemplo, a partir de una transición uniforme y lenta del valor parcial de lejos de la distancia al objeto  $A_{1GFerne}$  al valor parcial de cerca de la distancia al objeto  $A_{1GNähe}$  ( $g_b \approx 0$ ) se puede generar otro recorrido de la función de la distancia al objeto  $A_1(u=0, y) = A_1(y)$  ( $A_1$ -recorrido) para un cristal de pantalla de puesto de trabajo ( $g_b \neq 0, \sigma \neq 0$ ).

En un ejemplo, sobre la base de una ponderación porcentual  $g_G$  de la Función de Gauss donde  $g_0$  contiene [0, 100]%, según especificación de un máximo aumento  $A_1$  de la Función de Gauss  $g_{bmax}$  (una especificación determinada del diseño) se puede calcular el coeficiente correspondiente  $g_b$  de la Función de Gauss:

$$g_b = \frac{g_G}{100} g_{bmax} \quad (10)$$

Con una ponderación del 90% de la Función de Gauss y un máximo de incremento  $A_1$  de la Función de Gauss  $g_{bmax} = 0,6$  dpt se obtiene para  $g_b$  por ejemplo un valor de 0,54 dpt.

La ponderación porcentual  $g_G$  así como los demás coeficientes de la Función de Gauss se pueden especificar para cada diseño básico o calcular por ejemplo sobre la base de un cuadrángulo de diseño descrito en la patente WO 2010/084019.

5 De preferencia el parámetro  $g_a$  está en la zona  $-1 < g_a < 1$ , de preferencia  $g_a = 0$ . El parámetro  $y_0$  se encuentra de preferencia en la zona  $-10 < y_0 < 5$ , todavía mejor en la zona  $-5 < y_0 < 0$ . El parámetro  $\sigma$  se encuentra de preferencia en la zona  $0 < \sigma < 15$ , de preferencia en la zona  $5 < \sigma < 10$ .

El solapamiento de la función de distancia al objeto inicial con una curva en campana de Gauss según otro aspecto se puede realizar independientemente de un solapamiento con una función de corrección.

10 Según otro ejemplo, la función de corrección  $A_{Korr}(y)$  es una función lineal de la función de distancia al objeto inicial:

$$A_{Korr}(y) = c + mA_{1G}(y) \quad (11)$$

con los parámetros/coeficientes  $c$  y  $m$ .

15 **[0043]** La función de distancia al objeto modificada representa por lo tanto asimismo una función lineal de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(u=0,y) = A_{1G}(y)$ :

$$A_1(y) = A_{1G}(y) + c + mA_{1G}(y) = c + (1 + m)A_{1G}(y) \quad (12)$$

o, en forma abreviada

20 
$$A_1 = A_{1G} + c + mA_{1G} = c + (1 + m)A_{1G}. \quad (13)$$

De preferencia, los coeficientes de las rectas  $c$  y  $m$  se calculan a partir de las derivadas de los valores de la función de distancia al objeto inicial ( $A_{1G}(y)$ ) de los valores teóricos obtenidos de la distancia de distancia al objeto recíproca en el punto de referencia de lejos y de cerca. Dicho de otro modo, se produce una adaptación lineal de la función de distancia al objeto inicial a distancias al objeto modificadas en el punto de referencia de lejos y/o de cerca.

25

De preferencia se tiene en este caso para los coeficientes  $c$  y  $m$ :

$$c = \frac{\Delta A_{1F} A_{1G}(y_{DN}) - \Delta A_{1N} A_{1G}(y_{DF})}{A_{1G}(y_{DN}) - A_{1G}(y_{DF})}$$

30

$$m = \frac{\Delta A_{1N} - \Delta A_{1F}}{A_{1G}(y_{DN}) - A_{1G}(y_{DF})}, \quad (14)$$

donde

$$\begin{aligned} \Delta A_{1F} &= A_{1Ferne} - A_{1G}(y_{DF}); \\ \Delta A_{1N} &= A_{1Nähe} - A_{1G}(y_{DN}); \end{aligned}$$

35

$A_{1Ferne}$  (de lejos) es el valor recíproco de la distancia al objeto teórica en el punto de referencia lejano;  
 $A_{1Nähe}$  (de cerca) es el valor recíproco de la distancia teórica al objeto en el punto de referencia cercano;  
 $y_F$  es la coordenada vertical del punto de referencia lejano; y  
 $y_N$  es la coordenada vertical del punto de referencia cercano.

40

Los coeficientes de las rectas  $c$  y  $m$  se calculan por ejemplo de la siguiente forma:

En un primer escrito las desviaciones de los valores de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  en los puntos de referencia y diseño  $DF$  (con las coordenadas  $(x = x_0, y_{DF}) = (u = 0, y_{DF})$ ) y  $DN$  (con las coordenadas  $(x = x_0, y_{DN}) = (u = 0, y_{DN})$ ) respecto de los valores correspondientes (individuales)  $A_{1Ferne}$  y  $A_{1Nähe}$  de la distancia al objeto teórica recíproca) para estos puntos:

45

$$\begin{aligned}\Delta A_{1F} &= A_{1Ferne} - A_{1G}(y_{DF}) \\ \Delta A_{1N} &= A_{1Nähe} - A_{1G}(y_{DN}).\end{aligned}\tag{15}$$

Los coeficientes de las rectas  $c$  y  $m$  pueden calcularse a partir de las desviaciones calculadas anteriormente, del siguiente modo:

$$c = \frac{\Delta A_{1F} A_{1G}(y_{DN}) - \Delta A_{1N} A_{1G}(y_{DF})}{A_{1G}(y_{DN}) - A_{1G}(y_{DF})}\tag{16}$$

$$m = \frac{\Delta A_{1N} - \Delta A_{1F}}{A_{1G}(y_{DN}) - A_{1G}(y_{DF})}$$

En las fórmulas anteriores:

$A_{1G}(y)$  es la función de distancia al objeto inicial;

$A_{1Ferne}$  es el valor teórico de la distancia al objeto recíproca en el punto de referencia lejano (punto de diseño lejos);

$A_{1Nähe}$  es el valor teórico de la distancia al objeto recíproca en el punto de referencia cercano (punto de diseño cerca);

y

$A_1(y)$  es la función de distancia al objeto corregida/adaptada.

Mediante esta función de distancia al objeto adaptada que es una función lineal de la función de distancia al objeto inicial, no se modifica esencialmente el recorrido de la distancia al objeto recíproca a lo largo de la línea visual principal. En particular las pendientes y/o derivadas de la función básica  $A_{1G}(y)$  y de la función de distancia al objeto modificada/corregida  $A_1(y)$  se diferencian únicamente en el factor constante  $(1 + m)$ :

$$\frac{dA_1}{dy} = \frac{dA_{1G}}{dy} + m \frac{dA_{1G}}{dy} = \frac{dA_{1G}}{dy} (1 + m)\tag{17}$$

Dicho de otro modo, la derivada primera de la función de distancia al objeto inicial sólo se modifica un factor  $(1 + m)$ . Con una corrección lo más completa posible la característica básica de un cristal para gafa progresivo en el entorno de la línea visual principal se determina principalmente por medio del recorrido de la función de distancia al objeto  $A_1(y)$  a lo largo de la línea visual principal (Teorema de Minkwitz). La adaptación lineal de la función de distancia al objeto inicial permite mantener muy bien la característica de diseño también en el caso de adaptación de las distancias al objeto a especificaciones modificadas en uno o dos puntos con poca necesidad de cálculo.

El método descrito anteriormente se puede aplicar independientemente del recorrido de la distancia al objeto recíproca a lo largo de la línea visual principal. Asimismo es posible mantener la característica de la función de distancia al objeto a lo largo de la línea visual principal y variar al mismo tiempo las distancias al objeto en los puntos de diseño/puntos de referencia en función del diseño o adaptarlos a las necesidades o deseos del usuario de la gafa.

En este ejemplo la función de distancia al objeto inicial (función básica)  $A_{1G}(y)$  puede ser una función analítica cualquiera o también una función de interpolación (función Spline). No se tiene que conocer ningún coeficiente de la función básica o haber sido modificados. Cuando se especifica puntualmente  $A_{1G}(y)$  o, como en la solicitud de patente DE 10 2009 005 847.8 se modifica antes de la optimización, este método resulta adecuado particularmente para adaptar la función de distancia al objeto a las distancias de distancia al objeto teóricas individuales en los puntos de diseño y/o puntos de referencia.

Las transformaciones descritas anteriormente de la función de distancia al objeto inicial por superposición de la función de distancia al objeto inicial con una función de corrección asintótica doble, por superposición de la función de distancia al objeto inicial con una función de Gauss o por una adaptación lineal se pueden combinar como es natural entre sí en el orden deseado.

En un ejemplo preferido el método de implementación de ordenador para la optimización de un cristal para gafa progresivo comprende además las siguientes etapas:

especificación de una distribución de astigmatismo teórico inicial  $Ast_{Soll_{start}}$  para el cristal progresivo para gafa;

cálculo de una distribución del astigmatismo teórico transformado  $Ast_{Soll_{neu}}$  y

optimización del cristal progresivo para gafa sobre la base de la distribución del astigmatismo teórico transformado.

El cálculo de una distribución del astigmatismo teórico transformado  $Ast_{Soll_{neu}}$  comprende las siguientes etapas:

Multiplicación del valor del astigmatismo teórico temporal máximo  $Ast_{Soll\_temporal_{start}}$  por un factor  $k$ :

$$\max\_Ast_{Soll\_temporal_{neu}} = k * \max\_Ast_{Soll\_temporal_{start}},$$

por lo que resulta un astigmatismo temporal máximo modificado  $\max\_Ast_{Soll\_temporal_{neu}}$ , siendo el factor  $k$  una función de al menos un valor de prescripción y/o por lo menos de un parámetro del cristal para gafa o su disposición delante de los ojos del usuario de la gafa; y

5 transformación de la distribución del astigmatismo teórico inicial  $Ast_{Soll_{start}}$  sobre la base del astigmatismo temporal máximo modificado  $\max\_Ast_{Soll\_temporal_{neu}}$ .

Como ya se indicó anteriormente, la optimización de cristales progresivos para gafa se suele realizar mediante la minimización de una función objetivo en la cual entran valores objetivo y/o teóricos para por lo menos una magnitud óptica (por ejemplo astigmatismo y/o poder refringente) o valores objetivo y/o teóricos para por lo menos una aberración (por ejemplo defecto astigmático y/o defecto de refracción) del cristal progresivo para gafa. El defecto de refracción representa la diferencia de la distancia focal del cristal para gafa respecto de la distancia focal que se calcula mediante determinación de la refracción. El defecto astigmático representa la diferencia del astigmatismo del cristal para gafa respecto del astigmatismo que se calcula por medio de la determinación de la refracción. De preferencia se trata aquí de valores en posición de uso del cristal para gafa, es decir teniendo en cuenta el sistema cristal para gafa-ojo. El grado de libertad en la optimización de la función objetivo suele ser la altura de flecha de la superficie delantera o de la trasera del cristal para gafa o tanto la superficie delantera como la trasera por ejemplo en un cristal para gafa de progresión doble.

Una optimización basa en diseño de un cristal progresivo para gafa se puede realizar por ejemplo minimizando una función objetivo de forma:

$$20 \quad F(\vec{x}) = \sum_{i=1}^m \left[ g_{i,Ast} (Ast_i - Ast_{i,Soll})^2 + \dots \right] \quad (18)$$

o de forma:

$$25 \quad F(\vec{x}) = \sum_{i=1}^m \left[ g_{i,\Delta R} (\Delta R_i - \Delta R_{i,Soll})^2 + g_{i,Ast} (Ast_i - Ast_{i,Soll})^2 + \dots \right] \quad (19)$$

En la fórmula anterior se tiene:

- $\Delta R_{i,Soll}$  es el valor teórico del defecto de refracción local/distancia focal a la zona de valoración  $i$ -ésima;
- $\Delta R_i$  es el defecto de refracción local real/distancia focal en la  $i$ -ésima zona de valoración;
- $Ast_{i,Soll}$  es el valor teórico del defecto astigmático local/astigmatismo en la  $i$ -ésima zona de valoración;
- 30  $Ast_i$  es el defecto astigmático local real/astigmatismo en la  $i$ -ésima zona de valoración;
- $g_{i,\Delta R}$  es la ponderación local del defecto de refracción/distancia focal en la  $i$ -ésima zona de valoración; y
- $g_{i,Ast}$  es la ponderación local del defecto astigmático/astigmatismo en la  $i$ -ésima zona de valoración.

Los valores reales y teóricos que entran en la función objetivo de la por lo menos una propiedad óptica pueden ser tanto valores teóricos (subvalores de superficie o valores en posición de uso) de un cristal para gafa como valores teóricos para por lo menos una aberración. En el sentido de la presente solicitud se entiende por "astigmatismo teórico" tanto el astigmatismo del cristal para gafa (como distancia focal de la superficie o en posición de uso) como también el error astigmático. También se entiende por "distribución del astigmatismo teórico" en el sentido de la presente solicitud tanto la distribución espacial de los valores teóricos del astigmatismo del cristal para gafa como la distribución espacial de los valores teóricos del defecto astigmático. Los valores teóricos de la por lo menos una propiedad óptica del cristal para gafa y en particular los valores teóricos del astigmatismo o del defecto astigmático caracterizan el "diseño" de un cristal para gafa. Además el diseño del cristal para gafa debe comprender un modelo de distancia al objeto adecuada. El modelo de distancia al objeto puede comprender por ejemplo una función de distancia al objeto que se define como la distancia del objeto recíproca a lo largo de la línea visual principal. Un modelo de distancia al objeto estandarizado se indica en DIN 58 208 Parte 2 (véase Figura 6). El modelo de distancia al objeto puede diferir sin embargo de este modelo de distancia al objeto estandarizado.

La distribución del astigmatismo teórico sobre cuya base se optimiza el cristal para gafa progresivo se puede obtener mediante una transformación de un diseño existente y/o dado (diseño inicial, diseño de base). Así por ejemplo en DE 10 2008 015 189 se propone obtener distribuciones del astigmatismo teórico para adiciones diferentes por medio de una transformación de una distribución del astigmatismo teórico inicial o básico que se ha fijado para una adición básica dada. En DE 10 2009 005 206 o DE 10 2009 005 214 se propone generar mediante una manipulación de una línea de astigmatismo teórico básico dada, distribuciones del astigmatismo teórico con anchuras diferentes de la zona de lejos y/o de cerca a partir de una distribución del astigmatismo teórico dada. La dependencia del efecto del astigmatismo teórico se puede ocultar mediante diseños básicos diferentes.

55 El diseño inicial (diseño básico) presenta por lo general, debido a las propiedades binoculares de la imagen, una distribución casi simétrica del astigmatismo teórico con relación a la línea visual principal. En el caso de una transformación

dependiente de la adición y/o del efecto y/o de la longitud de progresión del diseño inicial se mantiene prácticamente la distribución simétrica aproximada del astigmatismo teórico.

Se ha comprobado que para determinadas combinaciones de valores de prescripción y/o parámetros del cristal para gafa y/o de su disposición delante de los ojos del usuario de la gafa (por ejemplo su posición de uso) el procedimiento antes descrito en el que la distribución del astigmatismo teórico que entra en la función objetivo es casi simétrico sobre la línea visual principal, puede conducir a resultados sub-óptimos. Así por ejemplo los gradientes de las propiedades superficiales de la superficie progresiva y/o los gradientes de los valores de uso suelen ser relativamente grandes. Esto conduce a propiedades de posición de uso empeoradas del cristal para gafa (astigmatismo y/o distancia focal en posición de uso del cristal para gafa).

Estas desventajas aparecen sobre todo en cristales para gafa con curva de base plana (es decir con una curva básica comprendida entre 0 dpt y 4 dpt) y curvas de las superficies traseras más altas (por ejemplo curvas de la superficie trasera mayores o iguales a -6 dpt), en combinación particularmente con:

- cilindros de prescripción elevados, es decir cilindros en el intervalo comprendido entre mayor o igual a 2 dpt, y/o
- posiciones de los ejes oblicuas del cilindro de prescripción, es decir posiciones del eje del cilindro de prescripción de 0 a 90° según Tabo en el caso de cristales para gafa derechos y de 90 a 180° en el caso de cristales para gafa izquierdos; y/o
- menor adición de prescripción, es decir una adición < 2,0 dpt, de preferencia una adición ≤ 1,5 dpt,

y/o en combinación con mayores ángulos de ladeo del cristal para gafa delante del ojo, es decir ángulos de ladeo en la zona de más o igual a 5°.

Se ha comprobado además que una de las razones para que aparezcan gradientes más elevados de las propiedades superficiales en cristales para gafas que presentan una de las combinaciones anteriores, es la distribución simétrica del astigmatismo teórico respecto de la línea visual principal. Así por ejemplo en el caso de una superposición tórica de una superficie inicial dada con una superficie tórica o atórica puede aparecer temporalmente un defecto astigmático que se sitúa parcialmente claramente por debajo del valor del astigmatismo teórico según el astigmatismo teórico simétrico. El proceso de optimización intenta en cualquier caso alcanzar las condiciones simétricas para el astigmatismo teórico y "curva" por consiguiente la superficie a optimizar en esta zona más de lo que sería necesario para adiciones bajas.

De preferencia por consiguiente el astigmatismo teórico temporal en la periferia del cristal para gafa se multiplica por un factor  $k$  para tener en cuenta esta circunstancia. El factor  $k$  adopta de preferencia el valor 1 cuando no se tiene que manipular ningún valor. El factor  $k$  es una función por lo menos de un valor de prescripción (como por ejemplo cilindro, eje de cilindro, prisma, base de prisma y/o adición) y/o por lo menos de un parámetro del cristal para gafa o su disposición delante de los ojos del usuario para gafa (es decir, su posición de uso). El parámetro del cristal para gafa y/o su disposición delante del ojo del usuario para gafa (es decir, su posición de uso) el ángulo de inclinación de la montura, el ángulo de ladeo, la distancia córnea-vértice (HSA), la inclinación longitudinal o el ángulo pantoscópico, la distancia pupilar, la distancia del centro de rotación y/u otros parámetros. Puede tratarse de valores medios (como se define por ejemplo en DIN 58 208 Parte 2) o de valores calculados individualmente para un usuario de gafa determinado.

En particular se propone multiplicar el astigmatismo teórico temporal máximo  $\max\_Ast_{Soll\_temporal_{start}}$  (que se presenta por lo general en la periferia del cristal para gafa) de la distribución del astigmatismo teórico inicial dado  $Ast_{Soll_{start}}$  por un factor  $k$  mediante lo cual se logra un nuevo astigmatismo teórico temporal máximo transformado  $\max\_Ast_{Soll\_temporal_{neu}}$ :

$$\max\_Ast_{Soll\_temporal_{neu}} = k * \max\_Ast_{Soll\_temporal_{start}} \quad (20)$$

La distribución del astigmatismo teórico inicial  $Ast_{start}$  por el cristal para gafa puede ser la distribución del astigmatismo teórico de una superficie inicial progresiva dada. Alternativamente se puede especificar un modelo de astigmatismo teórico en virtud del cual se puede calcular la distribución del astigmatismo teórico inicial. El modelo de astigmatismo teórico puede ser el modelo de astigmatismo teórico descrito por ejemplo en DE 10 2008 015 189, DE 10 2009 005 206 o DE 10 2009 005 214. En particular se puede dar el recorrido de una línea principal así como el recorrido de por lo menos una línea de astigmatismo teórico básico se puede especificar de forma paramétrica o numérica. Todos los valores del astigmatismo teórico entre la línea principal y la línea del astigmatismo teórico básico así como todos los valores del astigmatismo teórico entre la línea del astigmatismo teórico básico y la periferia del cristal para gafa pueden calcularse mediante interpolación adecuada (por ejemplo una interpolación cúbica, cuadrática, lineal) de los valores de astigmatismo teórico dados sobre la línea principal y la línea del astigmatismo teórico básico y eventualmente de otros valores dados como se describe en DE 10 2009 005 206 o DE 10 2009 005 214.

En una próxima etapa y sobre la base del nuevo astigmatismo temporal máximo transformado se calcula una nueva distribución del astigmatismo teórico transformado  $Ast_{Soll_{neu}}$ . Aquí no se cambian de preferencia los valores nasales del astigmatismo teórico y/o el astigmatismo teórico nasal.

La nueva distribución del astigmatismo teórico transformado  $Ast_{Soll_{neu}}$  se puede obtener mediante la multiplicación de todos los valores del astigmatismo teórico (por ejemplo todos los valores del astigmatismo teórico sobre el lado

temporal de la línea visual principal) por el factor  $k$ :

$$Ast_{Soll_{neu}} \text{ _temporal} = k * Ast_{Soll_{start}} \text{ _temporal}. \quad (21)$$

Según un ejemplo la nueva distribución del astigmatismo teórico transformado nuevo  $Ast_{Soll_{neu}}$  mediante una interpolación de los valores del astigmatismo teórico entre una línea de astigmatismo teórico básico temporal dada (por lo general la línea de astigmatismo teórico básico 0,5 dpt) y la periferia del cristal para gafa donde se tiene en cuenta el valor modificado del astigmatismo temporal máximo  $max\_Ast_{Soll} \text{ _temporal}_{neu}$ . Las patentes DE 10 2009 005 206 o DE 10 2009 005 214 describen métodos (método del modelo de curvas paralelas o método de modelo tronco cónico) para calcular una distribución del astigmatismo teórico en virtud de una línea del iso astigmatismo teórico básico dado y el astigmatismo temporal máximo. La línea del iso astigmatismo teórico básico dado 0,5 dpt se puede determinar sobre la base de la distribución del astigmatismo teórico inicial. Los valores del astigmatismo teórico temporal entre la línea principal y el iso astigmatismo teórico básico temporal no se modifican preferentemente aquí. Además de un valor inferior del astigmatismo teórico temporal máximo, la nueva distribución del astigmatismo teórico transformada presenta por lo general gradientes del astigmatismo teórico inferiores en la periferia.

De preferencia la distribución del astigmatismo teórico inicial  $Ast_{Soll_{start}}$  comprende sobre la base del astigmatismo temporal máximo modificado  $max\_Ast_{Soll} \text{ _temporal}_{neu}$  una interpolación del astigmatismo teórico entre la línea del iso astigmatismo teórico básico dada y la periferia del cristal para gafa teniendo en cuenta el astigmatismo temporal máximo modificado  $max\_Ast_{Soll} \text{ _temporal}_{neu}$ .

Las condiciones de optimización para el cristal de gafa, inclusive la distribución del astigmatismo teórico inicial y la distribución del astigmatismo teórico transformado  $Ast_{Soll_{neu}}$  pueden expresarse en un sistema de coordenadas adecuado.

Un ejemplo de sistemas de coordenadas es un sistema de coordenadas en la superficie del cristal para gafa que se va a optimizar, del lado del objeto o del lado del ojo, donde el origen del sistema de coordenadas por ejemplo coincide con el centro geométrico del cristal para gafa rohrrund con el punto de ajuste o de centrado del cristal para gafa. El eje vertical ("y") y horizontal ("x") está en el plano tangencial a la superficie del lado del ojo o del lado del objeto del cristal para gafa en el centro geométrico o el punto de centrado o de adaptación. La dirección vertical se refiere de preferencia a la dirección vertical en posición de uso del cristal para gafa, donde el cristal para gafa está dispuesto por ejemplo en una posición de uso media (como por ejemplo en DIN 58208 Parte 2) o en una posición de uso individual. De preferencia, el cristal para gafa está dispuesto en una posición de uso individual.

En este sistema de coordenadas se tiene  $Ast_{Soll_{start}} = Ast_{Soll_{start}}(x, y)$  y  $Ast_{Soll_{neu}} = Ast_{Soll_{neu}}(x, y)$ .

Como es natural, también es posible indicar la distribución espacial de las aberraciones en otro sistema de coordenadas adecuado.

En particular es preferible indicar los valores del astigmatismo teórico así como los valores de optimización en el sistema de coordenadas de la superficie a optimizar respecto de la línea principal o de la línea visual principal (donde en la línea principal/línea visual principal se tiene  $u = 0$ ) y no respecto del eje  $y$  - Eje ( $x = 0$ ), es decir en forma de  $Ast_{Soll_{start}} = Ast_{Soll_{start}}(u, y)$ ,  $Ast_{Soll_{neu}} = Ast_{Soll_{neu}}(u, y)$ . Si los valores teóricos de optimización se especifican con relación a la línea principal, en el caso de modificar la posición de uso a tener en cuenta del cristal para gafa y en particular en el caso de modificar la distancia pupilar, la distancia córnea-vértice, la inclinación longitudinal, el modelo de distancia al objeto, etc., será suficiente realizar un ajuste de la línea principal en la línea visual principal modificada. Los valores teóricos y/o los valores teóricos de optimización se adaptan entonces de forma automática.

El factor  $k$  que aparece como factor de manipulación, se puede calcular del siguiente modo:

$$k = (1 - g_{Verordnung} - h), \quad (22)$$

donde

$g_{Verordnung}$  (prescripción) es una función de por lo menos un valor de prescripción y

$h$  es una función de por lo menos un parámetro (individual) del cristal para gafa o su disposición delante de los ojos del usuario de la gafa.

Como las desventajas antes citadas se acentúan en el caso de cristales para gafa con una curva básica plana y una superficie trasera curvada, se pueden tener en cuenta de preferencia estos dos parámetros (es decir curva básica y/o curvatura de la superficie trasera) mediante un pre factor asintótico  $v$ :

$$k = v * (1 - g_{Verordnung} - h), \quad (23)$$

donde

$g_{Verordnung}$  (prescripción) es una función de por lo menos un valor de prescripción;

$h$  es una función de por lo menos un parámetro del cristal para gafa o su disposición delante de los ojos del usuario de la gafa; y

$v$  es un pre factor, función de la prescripción, en particular de la prescripción de lejos (y/o de la prescripción en el punto de referencia lejano) y/o de la curva básica del cristal para gafa y/o de la curvatura de la superficie trasera del cristal para gafa.

5 A modo de ejemplo, el factor asintótico  $v$  se puede fijar de modo que el factor de manipulación  $k$  sólo se aplique en el caso de cristales Minus.

El pre factor  $v$  puede ser una función asintótica doble de la prescripción de lejos y/o de la curva básica del cristal para gafa y/o de la curvatura de la superficie trasera del cristal para gafa. El pre factor se puede realizar por ejemplo por medio de una función asintótica doble de la forma:

$$10 \quad v = b + \frac{a}{(1 + e^{c(x+d)^m})} \quad (24)$$

donde para  $x$  por ejemplo se puede utilizar el efecto medio o la esfera de la prescripción de lejos. Si se elige negativo  $c$  el valor  $b$  corresponde al factor  $k$ , y  $(b + a) = 1,0$  de modo que se tiene:

$$15 \quad v = b + \frac{a}{(1 + e^{c(x+d)^m})} = k + \frac{1 - k}{(1 + e^{c(x+d)^m})} \quad (24a)$$

Sin embargo también es posible describir la dependencia del pre factor respecto de la prescripción de lejos y/o la curva básica y/o la curvatura de la superficie trasera por medio de otras funciones adecuadas.

20 De preferencia la función  $g_{Verordnung}$  es una función del astigmatismo de prescripción y/o del eje de cilindro prescrito y/o de la adición prescrita. El astigmatismo de prescripción, el eje de cilindro prescrito y la adición prescrita son los valores especificados que se pueden determinar por ejemplo mediante determinación de refracción por parte de un óptico o un oftalmólogo. El método comprende de preferencia una etapa de obtención de los valores de prescripción, en particular del astigmatismo de prescripción y/o del eje de cilindro prescrito, y/o de la adición prescrita.

25 De preferencia la dependencia de la función  $g_{Verordnung}$  respecto de la posición del eje cilíndrico se determina mediante el factor (por la función)  $f_{(Zylinderachse)}$ :

$$f_{(Zylinderachslage)} = a * \sin^3(2 * Zylinderachslage), \quad (25)$$

donde el parámetro  $a$  se sitúa de preferencia en la zona comprendida entre 0,05 y 1,0, todavía mejor de 0,3 a 0,6 y particularmente preferido, el valor 0,4.

30 La dependencia de la función  $g_{Verordnung}$  respecto del astigmatismo de prescripción se describe de preferencia por medio del factor (mediante la función)  $f_{(Verordnungastigmatismus)}$ :

$$f_{(Verordnungastigmatismus)} = \frac{Verordnungastigmatismus}{b}, \quad (26)$$

donde el parámetro  $b$  se sitúa de preferencia dentro de la zona 2 a 6, de preferencia en la zona 4 a 6. En un caso particularmente preferido  $b$  adopta el valor del astigmatismo de prescripción máximo.

35 De preferencia la función  $g_{Verordnung}$  es una función lineal de la adición, donde la dependencia de la función  $g_{Verordnung}$  se puede describir mediante el factor o la función  $f_{(Addition)}$ :

$$f_{(Addition)} = c * Addition + d, \quad (27)$$

La recta de la adición se elige de preferencia de forma que para la adición de prescripción máxima no se produzca ninguna adaptación (es decir  $f_{(Addition_{max})} = 0$ ) y para la mínima adición permitida  $f_{(Addition_{min})} = 1,0$ . De preferencia el parámetro de recta  $c$  se sitúa en la zona comprendida entre 0 y -1 y de preferencia en la zona comprendida en -0,75 y

40 -0,3. De forma preferida  $c$  tiene un valor de -0,3636. De preferencia el parámetro  $d$  se sitúa dentro de la zona de 2,0 a 0, todavía mejor dentro de la zona comprendida entre 2 y 1. Particularmente preferido es un valor de  $d$  igual a 1,2727.

La función  $g_{Verordnung}$  se obtiene de preferencia por medio de una multiplicación de por lo menos dos de los factores o funciones  $f_{(Zylinderachse)}$ ,  $f_{(Verordnungastigmatismus)}$  y  $f_{(Addition)}$ , de preferencia mediante la multiplicación de los tres factores.

45 De preferencia  $h$  es una función del ángulo de ladeo del cristal para gafa ( $h = f_{(Verkipfungswinkel)}$ ), de preferencia una función de la forma:

$$f_{(Verkippungswinkel)} = \frac{Verkippungswinkel}{g}, \quad (28)$$

donde  $g$  es una constante especificada. Como la influencia del ángulo de ladeo ya no es muy grande,  $g$  se sitúa de preferencia dentro de la zona 50 a 500, todavía mejor dentro de la zona 100 a 300 y muchísimo mejor adquiere un valor igual a 200.

5 El ángulo de ladeo es el ángulo formado por la tangente horizontal de la superficie del lado del objeto del cristal para gafa en un punto de referencia especificado y una recta de referencia horizontal. El punto de referencia especificado es el punto de corte del rayo principal horizontal, del lado del ojo, en el sentido visual cero del usuario con la superficie, del lado del objeto, del cristal para gafa. La recta horizontal de referencia se sitúa en un plano vertical al rayo principal horizontal en el sentido de visión cero del usuario de la gafa. En relación con la definición y la determinación del ángulo de ladeo se remite a la patente DE 10 2004 059 448 A1 (que recibe ahí el nombre de "ángulo de ladeo horizontal"). El ángulo de ladeo es uno de los parámetros de la disposición del cristal para gafa delante de los ojos del usuario de la gafa.

En lugar del ángulo de ladeo  $h$  puede ser una función de inclinación de la montura (FSW), de preferencia una función de la forma:

$$15 \quad h = f_{(FSW)} = \frac{FSW}{g}. \quad (29)$$

Se pueden tener en cuenta además otros parámetros individuales o medios de la posición de uso del cristal para gafa, como por ejemplo la inclinación longitudinal.

De preferencia el factor  $k$  se calcula en función de la posición del eje cilíndrico, el astigmatismo de prescripción y la adición y el ángulo de ladeo o el ángulo de inclinación de la montura:

$$20 \quad k = 1 - f_{(Zylinderachslage)} * f_{(Verordnungastigmatismus)} * f_{(Addition)} - f_{(Verkippungswinkel)} \quad (30)$$

o

$$k = v * (1 - f_{(Zylinderachslage)} * f_{(Verordnungastigmatismus)} * f_{(Addition)} - f_{(Verkippungswinkel)}), \quad (31)$$

25 donde los factores y/o funciones individuales  $f$  se calculan según las ecuaciones (25) a (29).

La ventaja de un factor  $k$  calculado según las fórmulas (30) o (31) es que el factor adopta automáticamente un valor de 1 cuando no se produce ninguna transformación de la distribución del astigmatismo teórico inicial.

30 De preferencia el factor  $k$  sólo se utiliza en cristales izquierdos con posiciones de eje de 90 a 180°. En el caso de posiciones cilíndricas en estas zonas aparecen intensificadas las desventajas antes descritas. Si las posiciones de eje cilíndrico están en los demás cuadrantes, la optimización del cristal para gafa se puede realizar según un método convencional (por ejemplo con el método descrito en DE 10 2008 015 189) teniendo en cuenta una especificación de astigmatismo teórico.

35 Tras el escalado exitoso del astigmatismo temporal los valores del astigmatismo teórico pueden seguir escalándose o transformándose eventualmente. Así por ejemplo, la longitud de progresión, de forma análoga de lo que ocurre con  $f_{(Addition)}$ , se pueden escalar en función de la adición, como se describe en DE 10 2008 015 189. También puede variar la sucesión de los diferentes escalados/transformaciones de la distribución del astigmatismo teórico inicial.

40 **[0095]** Como se ha indicado anteriormente, la optimización del cristal para gafa en función de la distribución del astigmatismo teórico transformado puede comprender una minimización de una función objetivo en la cual entran los valores de la distribución del astigmatismo teórico transformado como valores objetivo. De preferencia la optimización del cristal para gafa en función de la distribución del astigmatismo teórico transformado comprende una minimización de una función objetivo de forma:

$$F(\vec{x}) = \sum_{i=1}^m \left[ g_{i,Ast} (Ast_i - Ast_{i,Soll_{neu}})^2 + \dots \right], \quad (32)$$

donde

45  $Ast_{i,Soll_{neu}}$  representa el valor del astigmatismo teórico de la distribución del astigmatismo teórico transformado  $Ast_{Soll_{neu}}$  en la  $i$ -ésima zona de valoración;  
 $Ast_i$  es el astigmatismo local real en la  $i$ -ésima zona de valoración; y  
 $g_{i,Ast}$  es la ponderación local del valor del astigmatismo teórico en la  $i$ -ésima zona de valoración.

En la fórmula anterior  $Ast_{i,Soll_{neu}}$  es la distribución del astigmatismo teórico transformado, calculado  $Ast_{Soll_{neu}}$  en la *i-ésima* zona de valoración correspondiente.

Además se prefiere que entre en la función objetiva igualmente el defecto de refracción/distancia focal  $\Delta R$ , de modo que el cálculo y/o la optimización del cristal para gafa comprende una minimización de la función objetivo:

$$F(\vec{x}) = \sum_{i=1}^m \left[ g_{i,\Delta R} (\Delta R_i - \Delta R_{i,Soll_{neu}})^2 + g_{i,Ast} (Ast_i - Ast_{i,Soll_{neu}})^2 + \dots \right] \quad (33)$$

donde

$\Delta R_{i,Soll_{neu}}$  es el valor teórico del defecto de refracción/distancia focal local en la *i-ésima* zona de valoración;  
 $\Delta R_i$  es el valor real del defecto de refracción/distancia focal local en la *i-ésima* zona de valoración; y  
 $g_{i,\Delta R}$  es la ponderación local del defecto de refracción/distancia focal en la *i-ésima* zona de valoración.

La distribución de la distancia focal teórica o del defecto de refracción teórico se puede calcular de forma similar a la distribución del astigmatismo teórico, a partir de una distribución de la distancia focal teórica inicial o una distribución del defecto de refracción teórico inicial y modificarse multiplicando por un factor. La distribución de la distancia focal teórica o del defecto de refracción teórico se puede calcular sin embargo también sobre la base de la distribución del astigmatismo teórico transformado calculado anteriormente.

De preferencia la optimización del cristal para gafa se produce en posición de uso del cristal para gafa. De preferencia en la optimización del cristal para gafa, además de los valores de prescripción individuales (Sph, Zyl, Achse, Add, Prisma, Base), se tienen en cuenta parámetros de la posición individual o disposición del cristal para gafa delante del ojo del usuario de la gafa (por ejemplo distancia córnea-vértice (HSA), ángulo de inclinación de la montura (FSW), inclinación longitudinal y/o ángulo pantoscópico y/o parámetros fisiológicos del usuario de la gafa (por ejemplo distancia pupilar). Alternativamente se pueden tener en cuenta parámetros medios de la posición y/o disposición del cristal para gafa delante de los ojos del usuario de la gafa y/o parámetros fisiológicos medios del usuario para gafa. El cristal progresivo para gafa se puede optimizar y calcular "online" a la recepción del pedido como Unikat.

De preferencia el método comprende además las etapas:

obtención de los valores de prescripción del cristal para gafa; y

obtención de los parámetros individuales de preferencia, del cristal para gafa y/o de la disposición del cristal para gafa delante de los ojos del usuario de la gafa.

Con el procedimiento descrito anteriormente, es posible con un diseño de cristal progresivo para gafa existente (diseño inicial, diseño de base) manipular la distribución del astigmatismo teórico necesario para la optimización según funciones objetivo, para efectos especiales, de forma que se pueda lograr más fácilmente la especificación del objetivo. De esta forma se pueden reducir claramente las repercusiones negativas sobre las propiedades de posición de uso o de superficie optimizada de especificaciones de valor teórico no ventajoso. Esto mejora también de forma directa las propiedades de la posición de uso.

Los métodos descritos anteriormente así como los dispositivos correspondientes resultan adecuados tanto para generar diseños y/o variantes de diseños para cristales para gafa progresivos convencionales o de efecto optimizado, como también para generar diseños y/o variantes de diseños para cristales progresivos para gafa optimizados individualmente.

Como ya se ha indicado anteriormente, la optimización del cristal para gafa puede comprender una minimización de una función objetivo en la que entran valores teóricos para el astigmatismo teórico y/o para el defecto de distancia focal (véase ecuaciones (18) o ecuaciones (32) y (33)). Los valores que entran en la función objetivo pueden ser los valores obtenidos según los métodos descritos anteriormente de una distribución asimétrica del astigmatismo teórico ( $Ast_{Soll_{neu}}$ ). La distribución del astigmatismo teórico puede ser también cualquier distribución del astigmatismo teórico especificado, por ejemplo una distribución del astigmatismo teórico calculada con los medios descritos en la patente DE 10 2008 015 189, DE 10 2009 005 206 o DE 10 2009 005 214. La distribución de la distancia focal del cristal para gafa cuyos valores teóricos entran en la función objetivo es de preferencia una distribución de la distancia focal que se determina teniendo en cuenta un modelo de acomodación dado del ojo del usuario de la gafa y la función de distancia al objeto calculada anteriormente. La distribución teórica de la distancia focal se puede determinar por ejemplo de modo que a lo largo de la línea visual principal se encuentre una corrección completa (es decir en el marco del defecto residual tolerable) con el cristal para gafa. Dicho de otro modo los objetos posicionados en un movimiento visual a lo largo de la línea visual principal cuya distancia al objeto viene dada por la función de distancia al objeto, se reproducen de forma óptima en la Fóvea del ojo.

La optimización del cristal para gafa se realiza de preferencia en posición de uso del cristal. De preferencia, en la optimización del cristal para gafa se tienen en cuenta además de los valores de prescripción individuales (Sph, Zyl, Achse, Add, Prisma, Base), parámetros de la posición individual o disposición del cristal para gafa delante del ojo del usuario de la gafa, (por ejemplo distancia córnea-vértice (HSA), ángulo de inclinación de la montura (FSW), inclinación longitudinal y/o ángulo pantoscópico), parámetros fisiológicos del usuario de la gafa (por ejemplo distancia pupilar). Alternativamente pueden tenerse en cuenta parámetros medios de la posición y/o disposición del cristal delante del ojo del usuario de la gafa y/o parámetros fisiológicos medios del usuario de la gafa. El cristal progresivo para gafa se puede optimizar y calcular online a la recepción del pedido.

De preferencia el método comprende además las etapas siguientes:

- obtención de los valores de prescripción del cristal para gafa; y
- obtención de los parámetros individuales de preferencia del cristal para gafa y/o la disposición del cristal para gafa ante los ojos del usuario de la gafa.

5 Según la invención se presenta además un programa informático, es decir un programa de ordenador, es decir un programa de ordenador reivindicado en un dispositivo de la categoría de las reivindicaciones así como un soporte de datos con un programa informático, donde el programa informático está concebido, cuando está cargado y se ejecuta sobre un ordenador, para realizar un método preferido para la optimización de un cristal para gafa progresivo según el primer aspecto de la invención.

10 Además se propone según otro aspecto, un dispositivo para la optimización de un cristal para gafa progresivo, que comprende unos medios de optimización, concebido para realizar el cálculo y/o la optimización del cristal para gafa según un ejemplo preferido del método para la optimización de un cristal para gafa progresivo según el primer aspecto de la invención.

El dispositivo para la optimización de un cristal para gafa progresivo puede comprender:

15 medios de especificación de la función de distancia al objeto, concebidos para presentar o fijar una función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$ ;

unos medios de obtención de la distancia del objeto concebidos para obtener datos de distancia al objeto, donde los datos de distancia al objeto comprenden una distancia al objeto en por lo menos un punto dado sobre la línea visual principal;

20 medios de modificación de la función de distancia al objeto para modificar y/o transformar la función de distancia al objeto inicial en función de los datos de distancia al objeto obtenidos; y

unos medios de optimización del cristal para gafa para la optimización del cristal para gafa progresivo donde en la optimización del cristal para gafa se tiene en cuenta la función de distancia al objeto transformada.

25 La función de distancia al objeto indica la distancia al objeto recíproca y/o la distancia al objeto recíproca a lo largo de la línea visual principal como función de la coordenada vertical  $y$ .

La modificación o transformación de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  contiene un solapamiento  $A_1(y) = A_{1G}(y) + A_{1Korr}(y)$  de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  con una función de corrección  $A_{1Korr}(y)$ . La función de corrección presenta por lo menos un parámetro variable que se determina en función de los datos de distancia al objeto obtenidos de forma que el valor de la función de distancia al objeto inicial modificada en por lo menos un punto dado, es igual al valor recíproco de la distancia al objeto inicial obtenida para este punto.

30 Los medios de especificación de la función de distancia al objeto pueden comprender soportes de datos en los cuales la función de distancia al objeto inicial o los parámetros de la función de distancia al objeto inicial en virtud de los cuales se puede reconstruir la función de distancia al objeto inicial, pueden almacenarse de forma permanente o temporal. Los medios para la obtención de la distancia al objeto pueden comprender por lo menos un interfaz gráfico interactivo del usuario (GUI) que permite al usuario indicar y eventualmente modificar datos relativos a las distancias al objeto deseadas en por lo menos un punto dado.

35 Los medios de modificación de la función de distancia al objeto y los medios de optimización del cristal para gafa se pueden implementar por medio de ordenadores habituales programados o configurados, hardware especializado y/o redes informáticas y/o sistemas de ordenadores. El mismo ordenador y/o el mismo sistema informático que realiza el cálculo de una función de distancia al objeto transformada (y eventualmente de una distribución del astigmatismo teórico transformado) puede realizar asimismo la optimización del cristal para gafa según la función de distancia al objeto transformada. Sin embargo también es posible que el cálculo de la función de distancia al objeto transformada y el cálculo del cristal para gafa según la transformación de la distancia al objeto transformada se realice en unidades de cálculo separadas, por ejemplo en ordenadores separados o sistemas informáticos separados. Los medios para modificar la función de distancia al objeto y los medios para optimizar el cristal para gafa se pueden comunicar por medio de señales mediante interfaces adecuados.

Los medios para la modificación de la función de distancia al objeto pueden estar conectados mediante señales con interfaces adecuados, con los medios dados de función de distancia al objeto y en particular, leer y/o modificar los datos almacenados en los soportes de datos.

40 Además los medios de modificación de la función de distancia al objeto y/o los medios de optimización del cristal para gafa pueden comprender de preferencia cada uno de ellos interfaces gráficos de usuario (GUI) que permiten a un usuario visualizar el cálculo de la función de distancia al objeto transformada y la optimización del cristal para gafa progresivo y eventualmente controlar la modificación de un parámetro o de varios parámetros.

Además el dispositivo para la optimización de un cristal para gafa corregido puede

55 disponer de soporte de datos para almacenar una distribución de astigmatismo teórico inicial  $A_{stSoll_{start}}$  para el cristal para gafa progresivo;

utilizar medios de cálculo para la distribución del astigmatismo teórico, concebidos para obtener una distribución del

astigmatismo teórico transformado  $Ast_{Soll_{neu}}$  a partir de la distribución del astigmatismo teórico inicial; y medios de optimización del cristal para gafa concebidos para optimizar un cristal para gafa progresivo sobre la base de la distribución del astigmatismo teórico transformado.

Los medios de cálculo de la distribución del astigmatismo teórico están concebidos para

- 5 multiplicar el astigmatismo teórico temporal máximo  $\max\_Ast_{Soll\_temporal_{start}}$  de la distribución del astigmatismo teórico inicial  $Ast_{Soll_{start}}$  por un factor  $k$

$$\max\_Ast_{Soll\_temporal_{neu}} = k * \max\_Ast_{Soll\_temporal_{start}},$$

mediante lo cual se obtiene un astigmatismo temporal máximo modificado  $\max\_Ast_{Soll\_temporal_{neu}}$ , donde el factor  $k$  es una función de por lo menos un valor de prescripción y/o por lo menos un parámetro del cristal para gafa o de su disposición delante de los ojos del usuario de la gafa; y

- 10 transformación de la distribución del astigmatismo teórico inicial  $Ast_{Soll_{start}}$  sobre la base del astigmatismo temporal máximo modificado  $\max\_Ast_{Soll\_temporal_{neu}}$ .

La distribución del astigmatismo teórico inicial  $Ast_{Soll_{start}}$  se puede almacenar de forma permanente o temporal en un soporte de datos. Los medios de cálculo de la distribución del astigmatismo teórico y los medios de optimización del cristal para gafa se pueden implementar mediante ordenadores habituales configurados y/o programados, hardware especializado y/o redes o sistemas informáticos. Es posible que el mismo ordenador o el mismo sistema informático estén configurados o programados de modo que se realiza el cálculo de una distribución del astigmatismo teórico transformado así como la optimización del cristal para gafa en el astigmatismo teórico transformado. No obstante es posible que el cálculo de la distribución del astigmatismo teórico transformado y el cálculo del cristal para gafa se realice según una distribución del astigmatismo teórico transformado en unidades de cálculo separadas, por ejemplo en ordenadores o sistemas informáticos separados.

- 15 Los medios de cálculo de la distribución del astigmatismo teórico y/o los medios de optimización del cristal para gafa pueden estar comunicados por medio de señal mediante interfaces adecuadas, con el soporte de datos y en particular para leer y modificar los datos almacenados en el soporte de datos. Además los medios de cálculo de la distribución del astigmatismo teórico y/o los medios de optimización del cristal para gafa pueden comprender de preferencia interfaces gráficas interactivos de usuario (GUI) que permiten al usuario controlar la distribución del astigmatismo teórico transformado  $Ast_{i,Soll_{neu}}$  de uno o varios parámetros.

Según otro aspecto se propone un método para la fabricación de un cristal progresivo para gafa que comprende:

- 30 - optimización del cristal para gafa según un ejemplo preferido del método para la optimización de un cristal progresivo para gafa según un primer aspecto de la invención,  
 - especificación de datos de superficie del cristal para gafa calculado y/u optimizado; y  
 - fabricación del cristal para gafa según los datos de superficie especificados del cristal para gafa.

La fabricación y/o elaboración del cristal para gafa se puede realizar utilizando máquinas CNC o métodos de fundición, una combinación de ambos métodos o según otro método adecuado.

Asimismo se especifica un dispositivo para la fabricación de un cristal progresivo para gafa que comprende:

- 35 - medios de optimización concebidos para realizar el cálculo y/o la optimización del cristal para gafa según un ejemplo preferido del método para la optimización de un cristal progresivo para gafa; y  
 - medios de elaboración para los trabajos de fabricación del cristal para gafa.

Los medios de optimización pueden ser el dispositivo descrito anteriormente para la optimización de un cristal progresivo para gafa.

- 40 Como ya se ha indicado anteriormente los medios de elaboración pueden comprender máquinas controladas por CNC para la elaboración directa de una lente en bruto según las especificaciones de optimización calculadas. El cristal para gafa terminado puede presentar una superficie esférica sencilla o de simetría de rotación esférica y una superficie progresiva donde la superficie progresiva se optimiza teniendo en cuenta una función de distancia al objeto individual y/o una distribución del astigmatismo teórico (asimétrica) así como eventualmente parámetros individuales del usuario de la gafa. De preferencia la superficie esférica o de simetría de rotación es la superficie delantera (es decir la superficie del lado del objeto) del cristal para gafa. Como es natural, es posible sin embargo disponer como superficie delantera del cristal para gafa la superficie optimizada según el diseño calculado. Asimismo es posible que las dos superficies del cristal para gafas sean superficies progresivas. Además es posible optimizar ambas superficies del cristal para gafas.

- 45 El dispositivo para la fabricación de un cristal progresivo para gafa puede comprender además medios de obtención para obtener los parámetros (individuales) del cristal para gafa y/o la disposición del cristal para gafa delante de los ojos del usuario de la gafa.

De forma alternativa o adicional, el dispositivo para la fabricación de un cristal progresivo para gafa puede comprender además dispositivos de obtención para la obtención de datos de la distancia al objeto. Los medios de obtención pueden comprender en particular interfaces gráficas del usuario.

Además se propone un cristal progresivo para gafa fabricado según uno de los métodos de fabricación preferidos así como una utilización de un cristal progresivo para gafa fabricado según uno de los métodos preferidos de fabricación en una posición media o individual dada de uso del cristal para gafa delante de los ojos de un usuario determinado para corregir una ametropía del usuario de la gafa.

5 Con la forma de proceder propuesta para la modificación de la función de distancia al objeto según uno de los ejemplos preferidos es posible adoptar una función de distancia al objeto inicial dada, que corresponde por ejemplo a un modelo de distancia al objeto estándar, de forma rápida y con relativamente poco cálculo a un modelo para distancias al objeto que difiere del modelo de distancia al objeto estándar. Es asimismo posible modificar de forma precisa las características de la función de distancia al objeto inicial y generar de este modo una función de distancia al objeto para distintos diseños del cristal para gafa.

Otros objetivos, características y ventajas de la presente invención se deducen de la siguiente descripción detallada, a modo de ejemplo, y de formas preferidas de realización de la presente invención con referencia a las figuras, donde:

- La Fig. 1 es una distribución de astigmatismo teórico inicial para una adición de 2,5 dpt;
- 15 La Fig. 2 es una distribución del astigmatismo teórico para una adición de 2,5 dpt con una escalada del astigmatismo temporal;
- La Fig. 3 es la distribución del astigmatismo teórico escalado mostrado en la Fig. 2 que se tiene que escalar adicionalmente en función de la adición;
- La Fig. 4 es la distribución del astigmatismo teórico inicial escalado en función de la adición;
- La Fig. 5 es una zona de una interfaz gráfica del usuario para determinar el pre factor  $v$ ;
- 20 La Fig. 6A es un ejemplo de una distribución del astigmatismo teórico inicial;
- La Fig. 6B es un ejemplo de una distribución del astigmatismo teórico modificado/transformado que se calculó a partir de la distribución del astigmatismo teórico inicial mostrado en la Fig. 6A;
- La Fig. 7A es la distancia focal de la superficie progresiva de un cristal progresivo para gafa que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico inicial mostrado en la Fig. 6A;
- 25 La Fig. 7B es la distancia focal de la superficie progresiva de un cristal progresivo para gafa que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico transformado mostrado en la Fig. 6B;
- La Fig. 8A es el gradiente de la distancia focal de la superficie progresiva del cristal para gafa que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico inicial mostrado en la Fig. 6A;
- La Fig. 8B es el gradiente de la distancia focal de la superficie progresiva del cristal para gafa que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico transformado mostrado en la Fig. 6B;
- 30 La Fig. 9A es el astigmatismo de la superficie progresiva del cristal para gafa que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico inicial mostrado en la Fig. 6A;
- La Fig. 9B es el astigmatismo de la superficie progresiva del cristal para gafa progresivo que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico transformado mostrado en la Fig. 6B;
- 35 La Fig. 10A es el gradiente del astigmatismo de la superficie progresiva del cristal para gafa progresivo que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico inicial mostrado en la Fig. 6A;
- La Fig. 10B es el gradiente del astigmatismo de la superficie progresiva del cristal para gafa progresivo que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico transformado mostrado en la Fig. 6B;
- 40 La Fig. 11A es el astigmatismo en posición de uso del cristal para gafa que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico inicial mostrado en la Fig. 6A;
- La Fig. 11B es el astigmatismo de la posición de uso del cristal progresivo para gafa que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico transformado que se muestra en la Fig. 6B;
- La Fig. 12A es la distancia focal media en posición de uso del cristal progresivo para gafa que se optimizó según la distribución del astigmatismo teórico inicial en la Fig. 6A;
- 45 La Fig. 12B es la distancia focal media en posición de uso del cristal para gafa que se optimizó según el astigmatismo teórico transformado mostrado en la Fig. 6B;
- La Fig. 13A, B es la representación de objetos en distancias del objeto diferentes a través de un cristal para gafa;
- La Fig. 14A, B es la distancia al objeto recíproco (en dpt) a lo largo de la línea visual principal según un ejemplo;
- 50 Las Fig. 15A - 15H son un ejemplo de una adaptación de una función de distancia al objeto inicial a un modelo de distancia al objeto modificado donde
- La Fig. 15A es otra función de distancia al objeto inicial dada a modo de ejemplo;
- La Fig. 15B es una elevación de la función de distancia al objeto inicial;
- La Fig. 15C es una función de Gauss dada a modo de ejemplo;
- La Fig. 15D es la elevación de la función de Gauss;
- 55 La Fig. 15E es la función de distancia al objeto obtenida mediante una superposición de una función de distancia al objeto inicial con la función de Gauss;
- La Fig. 15F es la elevación de la función de distancia al objeto;
- La Fig. 15G es la función de distancia al objeto modificada mediante una adaptación lineal; y
- La fig. 15H es la elevación de la función de distancia al objeto modificada por una adaptación lineal;
- 60 Las Fig. 16A - 16C son un ejemplo de una interfaz gráfica de usuario para la visualización y modificación de la función de distancia al objeto, donde
- La Fig. 16A es una zona para la visualización de una función de distancia al objeto inicial;
- La Fig. 16B es una zona para la visualización de la modificación de los parámetros de una función de corrección;

- La Fig. 16C es una zona para la visualización de la función modificada de distancia al objeto inicial;  
 Las Fig. 17A - 17C son otro modelo de una adaptación de una función de distancia al objeto inicial a un modelo de distancia al objeto modificado, donde  
 La Fig. 17A es otra función de distancia al objeto inicial dada a modo de ejemplo;  
 La Fig. 17B es una elevación de la función de distancia al objeto inicial;  
 La Fig. 17C es una nueva función de distancia al objeto obtenida mediante una adaptación lineal;  
 La Fig. 17D es una elevación de la nueva función de distancia al objeto;  
 La Fig. 18 es una interfaz gráfica del usuario para la visualización y modificación de la función de distancia al objeto;  
 La Fig. 19 es otra interfaz gráfica de usuario dada a modo de ejemplo para la visualización y modificación de una función de distancia al objeto.

Sobre la abscisa de las Figuras 14A a 17D está aplicada la coordenada vertical y la línea visual principal en milímetros. Sobre la ordenada de las Figuras 14 a 17 está aplicada la distancia al objeto recíproca en dpt. El sistema de coordenadas es el sistema descrito anteriormente  $\{u, y\}$ .

- La **Fig. 1** muestra una distribución del astigmatismo teórico inicial que parte de una superficie inicial dada para una adición de 2,5 dpt. El astigmatismo máximo para la periferia es de 2,6 dpt. Partiendo de la distribución del astigmatismo teórico inicial se tiene que calcular un cristal para gafa con los siguientes valores de prescripción y parámetros: esfera (Sph) = -5,0 dpt; cilindro (zyl) = 0,0 dpt; adición (Add) = 2,5 dpt; curva básica (BK) = 3,0 dpt; distancia focal  $n = 1,579$ . El cristal para gafa se calcula en una posición de uso con los parámetros: distancia córnea-vértice (HSA) = 13 mm; inclinación longitudinal (VN) = 7°; distancia pupilar (PD) = 64 mm; ángulo de ladeo  $Y = 0^\circ$ .

En un ejemplo se tiene que calcular un factor  $k = 0,58$  en función de los datos de prescripción del cristal para gafa (en particular el astigmatismo de prescripción del eje prescrito del astigmatismo de prescripción y la adición prescrita) y del ángulo de ladeo del cristal para gafa (véase ecuaciones (7) a (13)). El factor  $k = 0,58$  se multiplica por el astigmatismo temporal máximo de la distribución del astigmatismo teórico inicial. A continuación se realiza una interpolación de los valores de los astigmatismos teóricos entre la línea del astigmatismo teórico básico 0,5 dpt y la periferia del cristal para gafa teniendo en cuenta el astigmatismo temporal máximo multiplicado por el factor  $k$ . La interpolación se realiza según el modelo tronco cónico descrito en DE 10 2009 005 206 o DE 10 2009 005 214 para el astigmatismo teórico periférico.

En este ejemplo la multiplicación del astigmatismo temporal máximo por el factor  $k$  no influye en la línea del astigmatismo teórico básico 0,5 dpt. Los valores del astigmatismo teórico entre la línea principal y la línea del astigmatismo teórico básico 0,5 dpt siguen siendo invariables. Entre la línea del astigmatismo teórico básico temporal 0,5 dpt y la punta de la elevación del astigmatismo temporal (es decir la posición del astigmatismo teórico máximo) se realiza sin embargo una interpolación sobre la base del astigmatismo temporal máximo escalado (en este caso  $2,6 * 0,58 = 1,508$  dpt). La **Fig. 2** muestra una distribución del astigmatismo teórico que se obtiene tras una multiplicación del astigmatismo temporal máximo y una interpolación sucesiva. La distribución del astigmatismo teórico asimétrico mostrado en la Fig. 2 tiene validez para un cristal para gafa progresivo con una adición de 2,5 dpt.

Como se describe en DE 10 2008 015 189, se podría escalar entonces como un todo la especificación del astigmatismo total originado por una multiplicación del astigmatismo teórico temporal con interpolación ulterior de los valores del astigmatismo teórico en función de la adición para obtener especificaciones del astigmatismo teórico para otra adición. Así por ejemplo la distribución del astigmatismo teórico mostrada en la Fig. 2 se puede escalar como un todo con el factor 0,3 para pasar de la adición inicial de 2,5 dpt a una nueva adición de 0,75. De este modo se obtiene un astigmatismo maxilar temporal de  $1,508 * 0,3 = 0,45$ . En la **Fig. 3** se muestra la distribución del astigmatismo teórico escalada en función de la adición.

La **Fig. 4** muestra un ejemplo de compensación de una distribución del astigmatismo teórico que se obtiene a partir de la distribución del astigmatismo teórico mostrado en la Fig. 1 por medio de un escalado (global) en función de la adición (como se describe en DE 10 2008 015 189). El ejemplo mostrado en la Fig. 4 corresponde a un cambio de escala de la distribución del astigmatismo teórico inicial de la adición inicial de 2,5 dpt a una nueva adición de 0,75 dpt.

La **Fig. 5** muestra una zona de un interfaz gráfico de usuario que permite fijar el pre factor  $v$ . Como se describe anteriormente el pre factor asintótico  $v$  puede especificarse por ejemplo en función del efecto medio de lejos por medio de una función asintótica doble (véase ecuación 7) con los parámetros  $a = 0,475$ ;  $b = 0,525$ ;  $c = -5,0$ ;  $d = 3,5$  y  $m = 1$ .

Las **Figuras 6A, B a 12A, B** muestran la modificación de las especificaciones teóricas con una transformación, a modo de ejemplo, de la distribución temporal del astigmatismo teórico (Fig. 6A y 6B) así como la modificación de los resultados de la optimización de un cristal progresivo para gafa según las especificaciones correspondientes del astigmatismo teórico. Los parámetros de la prescripción son:

- Esfera (Sph) = 8 dpt;
- Cilindro (Cyl) = 6dpt;
- Eje 45°;
- Adición 0,75 dpt.

El ángulo de ladeo que corresponde aproximadamente en el caso de curvas básicas planas al ángulo de inclinación de la montura es de 5°.

Según las fórmulas descritas anteriormente (7) a (14) se obtiene un factor  $k$  con un valor de 0,58.

Las **Fig. X-A** ( $X = 6, 7, \dots, 12$ ) se refieren a un ejemplo de compensación con una distribución del astigmatismo teórico simétrico ("distribución del astigmatismo teórico inicial"). Las **Fig. X-B** ( $X = 6, 7, \dots, 12$ ) se refieren a un ejemplo ("especificaciones teóricas manipuladas") con una distribución del astigmatismo teórico no simétrico.

5 La distribución del astigmatismo teórico mostrado en la **Fig. 6B** se ha generado a partir de la distribución del astigmatismo teórico simétrico mostrado en la **Fig. 6A** mediante una multiplicación del astigmatismo teórico temporal por el factor  $k = 0,58$  y una interpolación sucesiva de los valores del astigmatismo teórico. La interpolación se realiza según el modelo tronco cónico presentado en DE 10 2009 005 206 o DE 10 2009 005 214 para el astigmatismo periférico. El astigmatismo teórico nasal no se ve afectado por esta modificación. Por consiguiente el astigmatismo teórico temporal máximo es un factor 0,58 más reducido que el astigmatismo teórico nasal máximo.

10 Las **Fig. 7A a 10A** muestran las propiedades superficiales de la superficie de un cristal para gafa que ha sido optimizado según las especificaciones del astigmatismo teórico simétrico mostrado en la Fig. 6A. Las **Fig. 7B a 10B** muestran propiedades superficiales de la superficie progresiva de un cristal para gafa que ha sido optimizado según las especificaciones manipuladas asimétricas mostradas en la Fig. 6B. Las Fig. 11A, B y 12A, B muestran el astigmatismo (Figuras 11A, B) y la distancia focal (Figuras 12A, B) en posición de uso del cristal progresivo para gafa. La tabla siguiente 1 refleja las especificaciones teóricas y las propiedades mostradas en las Fig. 6A, B a 12A, B de una superficie progresiva optimizada según las especificaciones teóricas correspondientes.

**Tabla 1**

Propiedad Mostrada	Especificaciones teóricas simétricas	Especificaciones teóricas manipuladas
Astigmatismo teórico [dpt]	Fig. 6A	Fig. 6B
Distancia focal de la superficie progresiva [dpt]	Fig. 7A	Fig. 7B
Gradiente de la distancia focal de la superficie progresiva [dpt/mm]	Fig. 8A	Fig. 8B
Astigmatismo de la superficie progresiva [dpt]	Fig. 9A	Fig. 9B
Gradiente del astigmatismo de la superficie progresiva [dpt/mm]	Fig. 10A	Fig. 10B
Astigmatismo en posición de uso [dpt]	Fig. 11A	Fig. 11B
Distancia focal media en posición de uso [dpt]	Fig. 12A	Fig. 12B

20 Cuando se comparan las Figuras 6A y 6B se puede apreciar claramente la distribución del astigmatismo teórico manipulado. En la Fig. 6B el astigmatismo teórico temporal es inferior a 0,5 dpt.

25 La superficie progresiva del cristal para gafa que ha sido optimizado según las especificaciones teóricas manipuladas mostradas en la Fig. 6B presenta modificaciones de la distancia focal superficial temporales claramente inferiores (véase también la Fig. 8A y la Fig. 8B). Así por ejemplo, comparando los gradientes de la distancia focal de la superficie progresiva se ve claramente que la superficie progresiva optimizada según las especificaciones del astigmatismo teórico manipulado presenta temporalmente en el mismo lugar gradientes esencialmente inferiores a la superficie optimizada según las especificaciones del astigmatismo teórico simétrico. Los gradientes son en este ejemplo un factor 5 más reducidos.

30 Además si se comparan las Figuras 9A y 9B con las Figuras 10A y 10B se puede apreciar que la superficie progresiva optimizada según las especificaciones del astigmatismo teórico manipulado presentan temporalmente modificaciones notablemente inferiores del astigmatismo superficial y por consiguiente gradientes notablemente inferiores del astigmatismo superficial a la superficie optimizada según las especificaciones del astigmatismo teórico simétrico. Los gradientes en este ejemplo inferiores un factor 4,5.

35 Asimismo las propiedades de la posición de uso (astigmatismo y distancia focal en posición de uso) del cristal para gafa optimizado según las especificaciones del astigmatismo teórico manipulado tienen un gradiente notablemente más pobre, con la particularidad de que las zonas de visión centrales no se diferencian esencialmente en su tamaño y utilidad. En el ejemplo concreto los gradientes se modifican de 0,45 dpt/mm a 0,05 dpt/mm. En el caso de la distancia focal media en posición de uso se consigue una reducción de 0,55 dpt/mm (véase Fig. 12A) a 0,15 dpt/mm (véase Fig. 12B).

40 Las **Figuras 13A y 13B** muestran esquemáticamente la representación de objetos en distancias al objeto diferentes a través de un cristal para gafa 10. El cristal para gafa 10 está dispuesto en una posición de uso especificada delante de los ojos 12 del usuario de la gafa. En las Fig. 13A y 13B se tiene:

- a1 = 1/A<sub>1</sub> es la distancia al objeto;
- e den es la distancia córnea vértice (HSA);
- b' es la distancia al centro de rotación del ojo;
- Sz' es la distancia córnea-vértice-centro de rotación del ojo;
- 5 S'BG es la distancia a la imagen;
- Z' es el centro de rotación del ojo;
- R es el globo cenital lejano; y
- SK es el globo cenital vértice.

10 El cálculo y/o la optimización del cristal para gafa 10 se realiza concretamente en posición de uso del cristal para gafa 12, es decir teniendo en cuenta la posición especificada del cristal para gafa delante de los ojos 12 del usuario de la gafa (definida por la distancia córnea-vértice, la inclinación longitudinal, etc.) así como un modelo especificado de distancia al objeto. El modelo de distancia al objeto puede comprender la especificación de una superficie del objeto 14 que establece diversas distancias al objeto o zonas del objeto para la visión foveal. La superficie del objeto 14 se define de preferencia por la especificación de la distancia al objeto recíproca  $A_1(x, y)$  a lo largo de los rayos principales del lado del objeto.

15 El recorrido de la distancia recíproca  $A_1(x = x_0, y) = A_1(u = 0, y)$  a lo largo de la línea visual principal (es decir con  $x = x_0$  y/o  $u = 0$ ) representa la función de distancia al objeto. La función de distancia al objeto  $A_1(x = x_0, y) = A_1(u = 0, y)$  determina la anchura de la zona de visión en el entorno de la línea visual principal (Teorema de Minkwitz). Un punto sobre la superficie del objeto es reproducido por el cristal para gafa sobre el globo cenital lejano, como se muestra esquemáticamente en las Fig. 13A y 13B. En el ejemplo que se muestra en las Fig. 13A y 13B la superficie del lado del ojo del cristal para gafa 10 es la superficie progresiva a optimizar.

20 Según un primer ejemplo, la función de distancia al objeto se representa como la suma de dos funciones asintóticas dobles. Las Fig. 14A y 14B muestran, a modo de ejemplo, una función de distancia al objeto inicial  $A_1(y)$  (línea de puntos) y una función de distancia al objeto transformada, adaptada a las nuevas distancias al objeto  $A_{1G}(y)$  (línea continua), que se obtiene mediante superposición de la función de distancia al objeto inicial  $A_1(y)$  con una función de corrección  $A_{1Korr}(y)$  (línea de punto y raya).

25 Los parámetros de la función de distancia al objeto inicial (descrita por una función asintótica doble) son  $a_G = 2,606$  dpt,  $b_G = -2,588$  dpt,  $c = -0,46$ /mm,  $d = 2,2$  mm y  $m = 0,75$ .

30 En este caso el punto de referencia de lejos  $DF$  (distancia punto de diseño) está en  $y = +8$  mm ( $y_{DF} = 8$  mm) y el punto de referencia de cerca  $DN$  (punto de diseño de cerca) en  $y = -12$  mm ( $y_{DN} = -12$  mm). La distancia al objeto en el punto de referencia de lejos es infinita y por lo tanto  $A_{1Ferne} = A_{1G}(y_{DF}) = 0,00$  dpt. La distancia al objeto en el punto de referencia de cerca es  $-40$  cm y por lo tanto  $A_{1Nähe} = A_{1G}(y_{DN}) = -2,50$  dpt.

35 Las distancias al objeto en los puntos de referencia de lejos y de cerca para un usuario determinado de gafa o para otros diseños y aplicaciones pueden diferir sin embargo del modelo estándar anterior. Por ejemplo se puede tener en cuenta en el punto de referencia de lejos  $DF$  una distancia al objeto de  $-400$  cm y en el punto de referencia de cerca una distancia al objeto de  $-50$  cm. Para este caso las especificaciones teóricas modificadas son para las distancias al objeto en los puntos de referencia de lejos y de cerca  $A_{1Ferne} = A_{1G}(y_{DF}) = -0,25$  dpt y  $A_{1Nähe} = A_{1G}(y_{DN}) = -2,00$  dpt.

40 Mediante un solapamiento de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  con una función de corrección  $A_{1Korr}(y)$  con los mismos coeficientes  $c$ ,  $d$  y  $m$  como los de la función de distancia al objeto inicial y con los coeficientes  $b_{Korr} = 0,526$  y  $a_{Korr} = -0,782$  se obtiene el recorrido de la función de distancia al objeto  $A_1(y)$  adaptado, mostrado en la Fig. 14B.

45 La Fig. 15A muestra a modo de ejemplo otra función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$ . La Fig. 15B muestra la elevación de la función de distancia al objeto inicial (es decir la derivada de la función de la distancia al objeto inicial según  $y$ ). La función de la distancia al objeto inicial se describe por medio de una función asintótica doble con los coeficientes  $a_G = 2,100$ ;  $b_G = 2,801$ ;  $c = 0,206$ ;  $d = 5,080$ ;  $m = 0,5$ . La función de distancia al objeto inicial presenta una transición muy blanda de la zona lejana a la zona cercana. En este ejemplo la distancia al objeto recíproca  $A_{1GFerne}(y)$  en el punto de referencia de lejos  $DF$  (con  $y = 10$  mm) es igual a  $-1,00$  dpt ( $A_{1GFerne} = -1,00$  dpt) y la distancia al objeto recíproca  $A_{1GNähe}$  en el punto de referencia de cerca  $DN$  (con  $y = -14$  mm) es igual a  $-2,5$  dpt ( $A_{1GNähe} = -2,5$  dpt). La función de distancia al objeto inicial describe por lo tanto un diseño tubular para un cristal de vista de cerca.

50 La Fig. 15C muestra a modo de ejemplo una función de Gauss  $A_{1Gauss}(y)$  (es decir la distancia al objeto recíproco corrector a lo largo de la línea visual principal), que se puede utilizar por ejemplo para modificar la característica de diseño. La función de Gauss mostrada en la Fig. 15C se describe mediante una curva de campana de Gauss  $g(y) = g_a + g_b e^{-\frac{y-y_0}{\sigma}}$  con los coeficientes  $g_a = 0,00$ ;  $g_b = 0,35$ ;  $\sigma = 5,56$  e  $y_0 = -3,47$ . La Fig. 15D muestra la elevación (primera derivada según  $y$ ) de la curva en campana de Gauss mostrada en la Fig. 15C.

55 La Fig. 15E muestra una función de distancia al objeto  $A_1(y)$  (es decir la distancia al objeto recíproca modificada a lo largo de la línea visual principal), que se obtiene mediante un solapamiento de la función de distancia al objeto inicial mostrada en la Fig. 15A con la función de Gauss mostrada en la Fig. 15C. La Fig. 15F muestra la elevación

(primera derivada según  $y$ ) de la función de distancia al objeto mostrada en la Fig. 15E  $A_1(y)$ . Mediante el solapamiento de la función de distancia al objeto inicial con la curva de campana de Gauss mostrada en la Fig. 15C se obtiene una función de distancia al objeto modificada particularmente adecuada para un diseño de cristal para gafa de pantalla en puestos de trabajo. La elevación de la función de distancia al objeto modificada  $A_1(y)$  presenta un máximo en  $y = -7$  mm, es decir que allí es donde la función de la distancia al objeto  $A_1(y)$  es mayor. Por consiguiente en la altura de  $y = -7$  mm se encuentra la zona más estrecha en la anchura de progresión respecto de la anchura de la zona visual que se define por ejemplo por la línea de iso astigmatismo 0,5 dpt. En la altura de 0 mm la elevación de la función de distancia al objeto  $A_1(y)$  presenta un mínimo local. En esta altura el campo de visión es relativamente ancho y se puede utilizar para la mirada a distancia de una pantalla.

5

10

La función de distancia al objeto mostrada en la Fig. 15E  $A_1(y)$  puede además adaptarse a una especificación modificada para distancias al objeto en el punto de referencia de lejos y en el punto de referencia de cerca. Una adaptación a modo de ejemplo de la función de distancia al objeto se puede realizar por medio de una adaptación lineal. La Fig. 15G muestra una función de distancia al objeto modificada  $A_{1neu}(y)$  que se obtuvo por adaptación lineal de la función de distancia al objeto mostrada en la Fig. 15E  $A_1(y)$  a la especificación:

15

$$A_1(y = 10) = -0,50 \text{ dpt}$$

$$A_1(y = -14) = -2,50 \text{ dpt}$$

La función de distancia al objeto modificada y/o adaptada se obtiene según la fórmula  $A_{1neu}(y) = c + (1 + m) A_1(y)$ , donde  $c = 0,836$  y  $m = 0,335$ .

20

La Fig. 15H muestra la elevación (derivada según  $y$ ) de la función de distancia al objeto modificada mostrada en la Fig. 15G  $A_{1neu}(y)$ .

25

La Fig. 16A muestra una sección de un interfaz gráfico de usuario donde la sección está concebida para visualizar una función de distancia al objeto inicial (en el caso concreto de una función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  en forma de una función asintótica doble de forma  $A_{1G}(y) = b + \frac{a}{(1 + e^{c(y+d)m})}$ ). El interfaz gráfico de usuario puede comprender además una sección (no mostrada en la Fig. 16A) que muestra campos para la introducción y eventualmente la modificación de los coeficientes de la función de distancia al objeto inicial.

30

La Fig. 16B muestra un interfaz gráfico de usuario concebido para visualizar una función de corrección (en este caso una curva de campana de Gauss de la forma  $A_{1Gauss} = a_0 + b_0 e^{-\left(\frac{y-y_0}{\sigma}\right)^2}$ ). Además el interfaz gráfico de usuario

comprende otra sección con campos/máscaras para la introducción en los cuales los coeficientes de la función de corrección se indican y eventualmente se pueden modificar. Mediante el solapamiento con una función de corrección en forma de campana de Gauss se puede ponderar nuevamente la zona intermedia. La Fig. 16C muestra un interfaz gráfico de usuario con una sección concebida para visualizar la función de distancia al objeto compuesta por solapamiento de la función de distancia al objeto inicial con la función de corrección.

Las Fig. 17A y 17B muestran el recorrido y la derivada de una función de distancia al objeto inicial a modo de ejemplo (función básica):

35

La Fig. 17A muestra el recorrido de la función  $A_{1G}(y)$  a lo largo de la línea principal;  
La Fig. 17B muestra una derivada  $\frac{dA_{1G}(y)}{dy}$  a lo largo de la línea principal.

En este ejemplo los datos del usuario para las distancias al objeto deseadas  $A_{1Ferne} = -0,5$  dpt sobre la altura  $y_F = 12$  mm y  $A_{1Nähe} = -2,75$  dpt sobre la altura  $y_N = -14$  mm. Los valores reales de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  en los puntos de referencia resultan ser  $A_{1G}(y_F) = -0,8896$  dpt y  $A_{1G}(y_N) = -2,4721$  dpt.

40

La función de distancia al objeto inicial mostrada en la Fig. 17A se transforma linealmente calculándose los coeficientes de recta en función de las especificaciones modificadas para las distancias al objeto en el punto de referencia de lejos y de cerca para  $c = 0,7648$  y  $m = 0,4212$ .

Las Fig. 17C y 17D muestran el recorrido y la derivada de la nueva función transformada de distancia al objeto  $a_1$  (Función  $A_1$ ), donde:

45

La Fig. 17C muestra el recorrido de la nueva función de distancia al objeto  $A_1(y)$  a lo largo de la línea principal sobre la superficie delantera del cristal para gafa; y  
La Fig. 17D muestra la derivada  $\frac{dA_1(y)}{dy}$  de la nueva función de distancia al objeto  $A_1(y)$

a lo largo de la línea principal sobre la superficie delantera del cristal para gafa.

50

Las Fig. 18 y 19 muestran a modo de ejemplo una máscara y/o un interfaz gráfico de usuario para indicar y eventualmente modificar los parámetros de la función de distancia al objeto y para visualizar la función de distancia al objeto así calculada.

**Leyenda**

	10	Cristal para gafa
	12	Ojo del usuario de la gafa
5	14	Superficie del objeto
	e	Distancia córnea-vértice (HSA)
	b'	Distancia al centro de rotación del ojo
	sZ'	Distancia córnea-vértice - centro de rotación del ojo
	s'BG	Distancia de la imagen
10	Z'	Centro de rotación del ojo
	R	Globo cenital de lejos
	SK	Globo cenital vértice

**Reivindicaciones**

1. Método implementado por ordenador para la optimización de un cristal progresivo para gafas que comprende las siguientes etapas:

especificación de una función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$ ,

obtención de datos de distancia al objeto, donde los datos de distancia al objeto comprenden una distancia al objeto en por lo menos un punto dado sobre la línea de visión principal;

modificación de la función de distancia al objeto inicial en función de los datos de distancia al objeto obtenidos;

optimización del cristal progresivo para gafas, donde en la optimización del cristal para gafas se ha tenido en cuenta la función de distancia al objeto modificada, donde

la modificación de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  comprende una superposición  $A_1(y) = A_{1G}(y) + A_{1Korr}(y)$  de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  con una función de corrección  $A_{1Korr}(y)$ , donde la

función de corrección presenta por lo menos un parámetro variable que se determina en función de los datos de distancia al objeto obtenidos de modo que el valor de la función de distancia al objeto inicial modificada en por lo menos un punto dado es igual al valor recíproco de la distancia al objeto inicial obtenida, y donde

la función de distancia al objeto se define como distancia al objeto recíproca a lo largo de la línea de visión principal e  $y$  es la coordenada vertical,

donde la función de corrección es una función asintótica doble

$$A_{1Korr}(y) = b_{korr} + \frac{a_{korr}}{(1 + e^{c_{korr}(y+d_{korr})})^{m_{korr}}}$$

con los parámetros  $a_{korr}$ ,  $b_{korr}$ ,  $c_{korr}$ ,  $d_{korr}$ ,  $m_{korr}$ , donde los parámetros  $b_{korr}$  y  $a_{korr}$  de la función de corrección se determinan en función de los datos de distancia al objeto obtenidos ; o

donde la función de corrección es una función lineal de la función de distancia al objeto inicial  $A_{Korr}(y) = c + mA_{1G}(y)$  con los parámetros  $c$  y  $m$ .

2. Método según la reivindicación 1, donde los datos de distancia al objeto comprenden por lo menos una distancia al objeto teórica  $A_{1Ferne}$  (de lejos) en un punto de referencia lejano dado sobre la línea de visión principal y una distancia al objeto teórica  $A_{1Nähe}$  (de cerca) en un punto de referencia cercano dado sobre la línea de visión principal.

3. Método según la reivindicación 1 o 2, donde la función de distancia del objeto inicial es una función asintótica doble

$$A_{1G}(y) = b_G + \frac{a_G}{(1 + e^{c(y+d)})^m}$$

con los parámetros  $a_G$ ,  $b_G$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $m$ .

4. Método según la reivindicación 3, donde la función de corrección es una función asintótica doble y donde para los parámetros de la función de corrección se tiene  $c = c_{Korr}$   $d = d_{Korr}$   $m = m_{Korr}$ .

5. Método según la reivindicación 2, donde la función de corrección es una función lineal de la función de distancia al objeto inicial, donde para los parámetros  $c$  y  $m$  se tiene

$$c = \frac{\Delta A_{1F} A_{1G}(y_{DN}) - \Delta A_{1N} A_{1G}(y_{DF})}{A_{1G}(y_{DN}) - A_{1G}(y_{DF})}$$

$$m = \frac{\Delta A_{1N} - \Delta A_{1F}}{A_{1G}(y_{DN}) - A_{1G}(y_{DF})},$$

donde

$$\Delta A_{1F} = A_{1Ferne} - A_{1G}(y_{DF});$$

$$\Delta A_{1N} = A_{1Nähe} - A_{1G}(y_{DN});$$

$A_{1Ferne}$  (de lejos) es el valor recíproco de la distancia al objeto teórica en el punto de referencia lejano;

$A_{1Nähe}$  (de cerca) es el valor recíproco de la distancia teórica al objeto en el punto de referencia cercano;

$y_F$  es la coordenada vertical del punto de referencia lejano; y

$y_N$  es la coordenada vertical del punto de referencia cercano.

6. Método según una de las reivindicaciones antes citadas que comprende además una superposición de la función de distancia al objeto inicial  $A_{1G}(y)$  con una función que es una curva de campana de Gauss

$$A_{1Gauss}(y) = g_a + g_b e^{-\frac{y-y_0}{\sigma}}$$

con los parámetros  $g_a$ ,  $g_b$ ,  $y_0$ .

7. Producto de programa informático concebido cuando se carga y se ejecuta en un ordenador para realizar un método para la optimización de un cristal para gafa progresivo según una de las reivindicaciones 1 a 8.
- 5 8. Soporte de datos que contiene un programa informático donde el programa informático está concebido para cuando se carga y ejecuta en ordenador, ejecutar un método para la optimización de un cristal progresivo para gafa según una de las reivindicaciones 1 a 6.
9. Dispositivo para la optimización de un cristal progresivo para gafa que comprende unos medios de optimización concebidos para realizar una optimización del cristal para gafas según el método de una de las reivindicaciones 1 a 6.
10. Método para la fabricación de un cristal progresivo para gafa que comprende
- optimización del cristal para gafa según el método de una de las reivindicaciones 1 a 6,
  - preparación de datos de superficie del cristal para gafa calculado y/u optimizado y
  - fabricación del cristal para gafa según los datos de superficie del cristal para gafa preparado.
11. Dispositivo para la fabricación de un cristal para gafa progresivo que comprende:
- 15
- medios de optimización, concebidos para realizar la optimización del cristal para gafa según el método de una de las reivindicaciones 1 a 6; y
  - medios de elaboración para la fabricación del cristal para gafa.

### Astigmatismo teórico

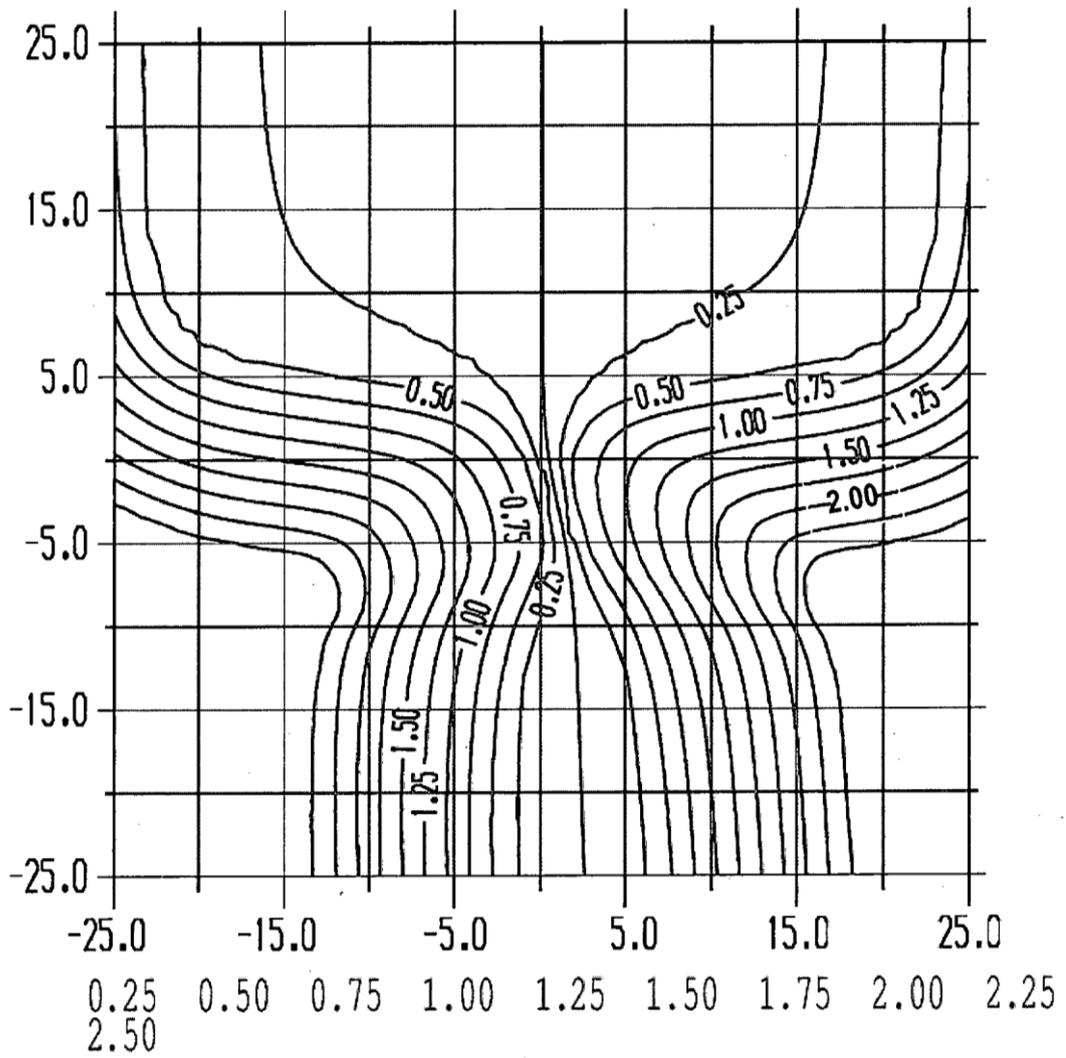


Fig. 1

### Astigmatismo teórico

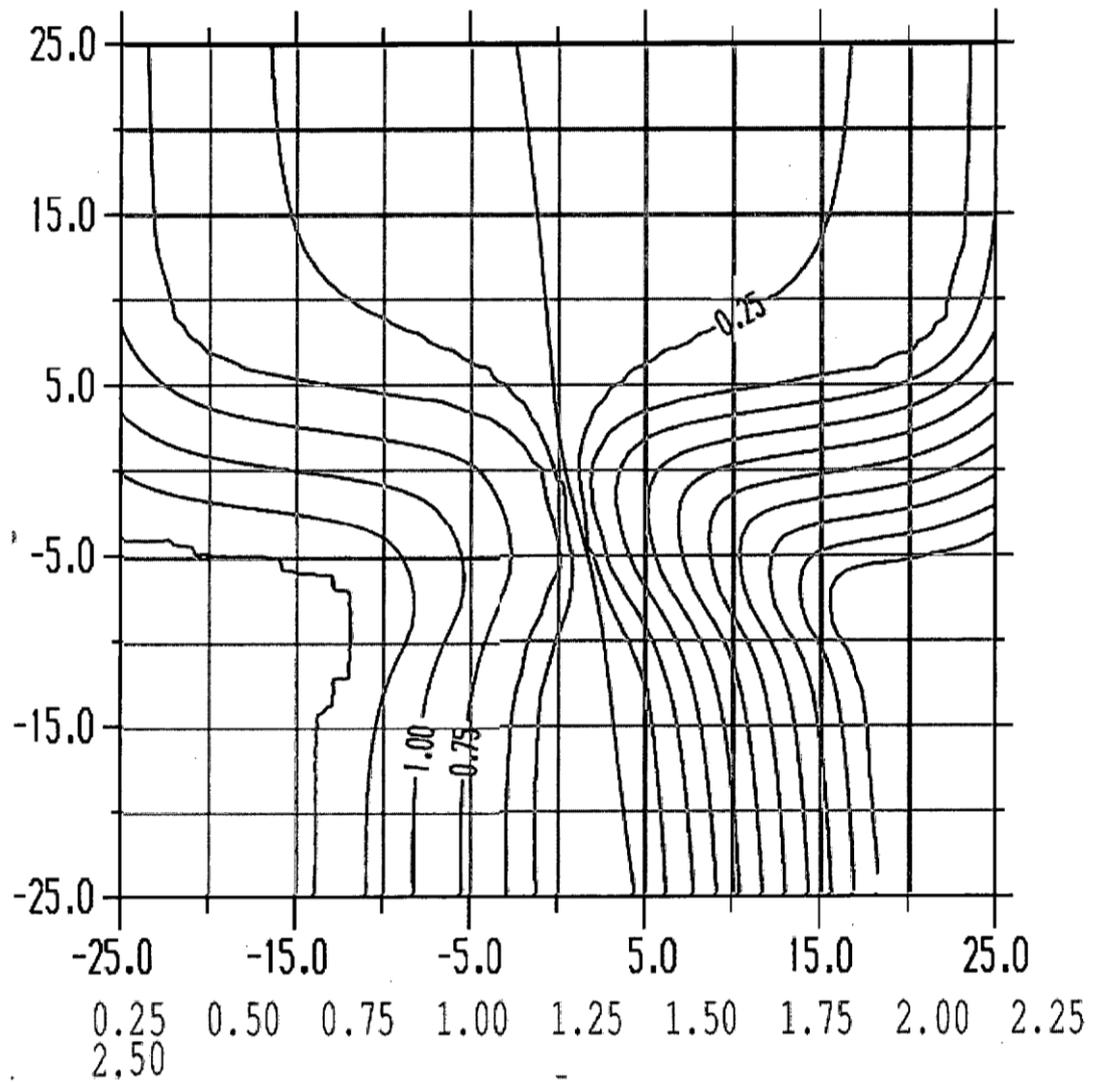


Fig. 2

### Astigmatismo teórico

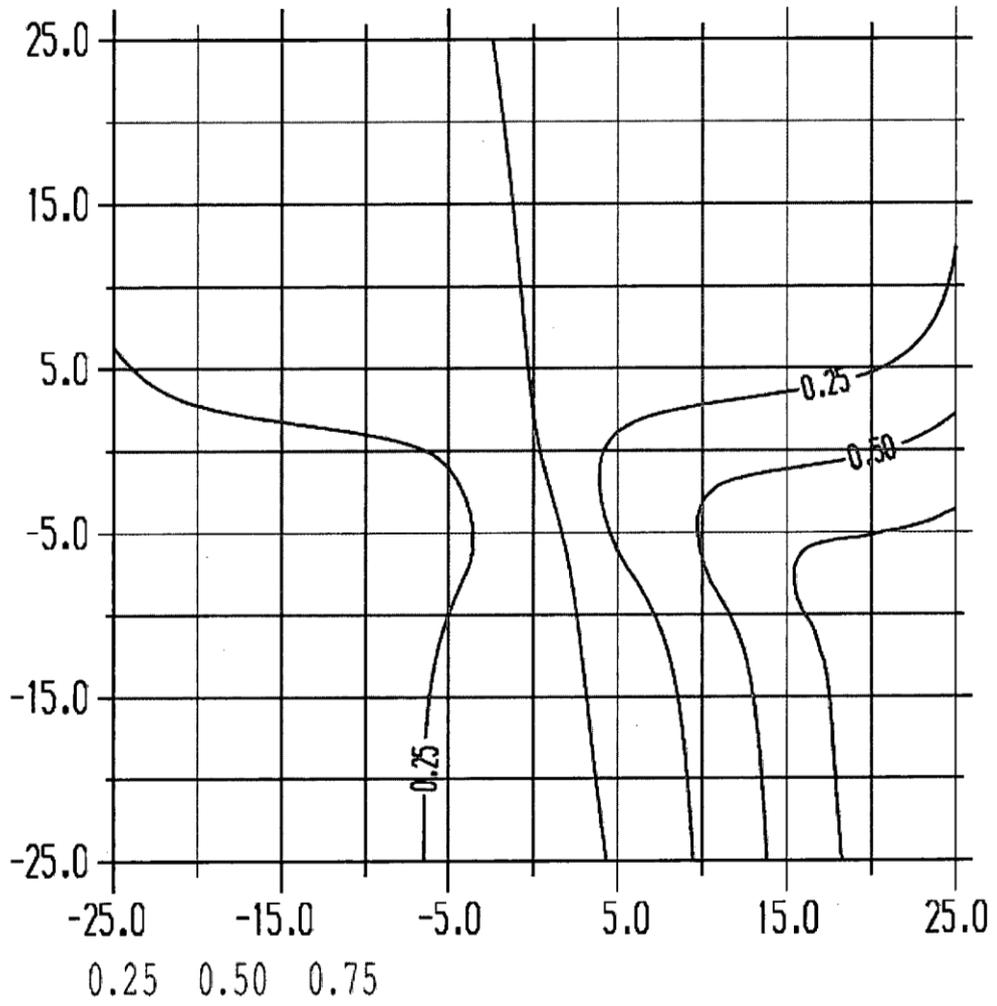


Fig. 3

### Astigmatismo teórico

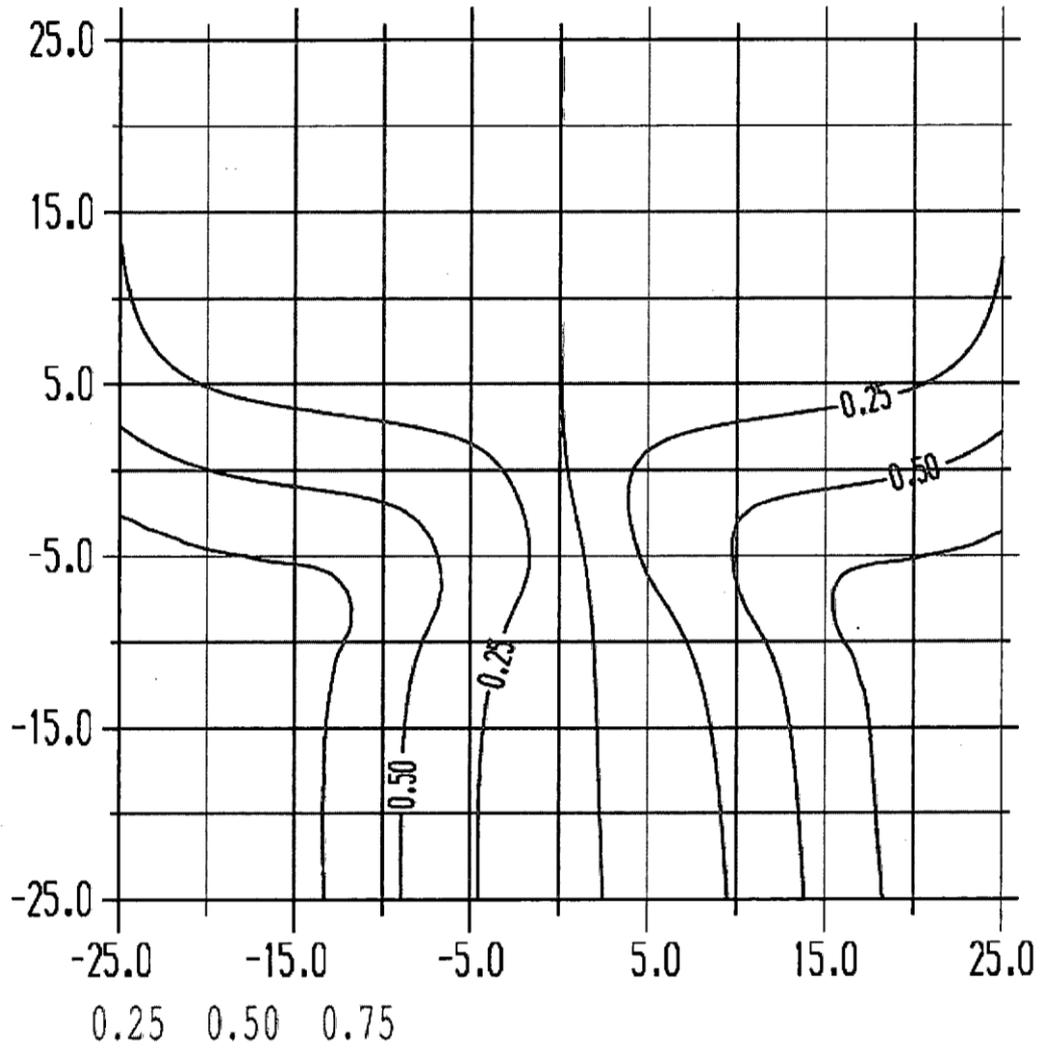


Fig. 4

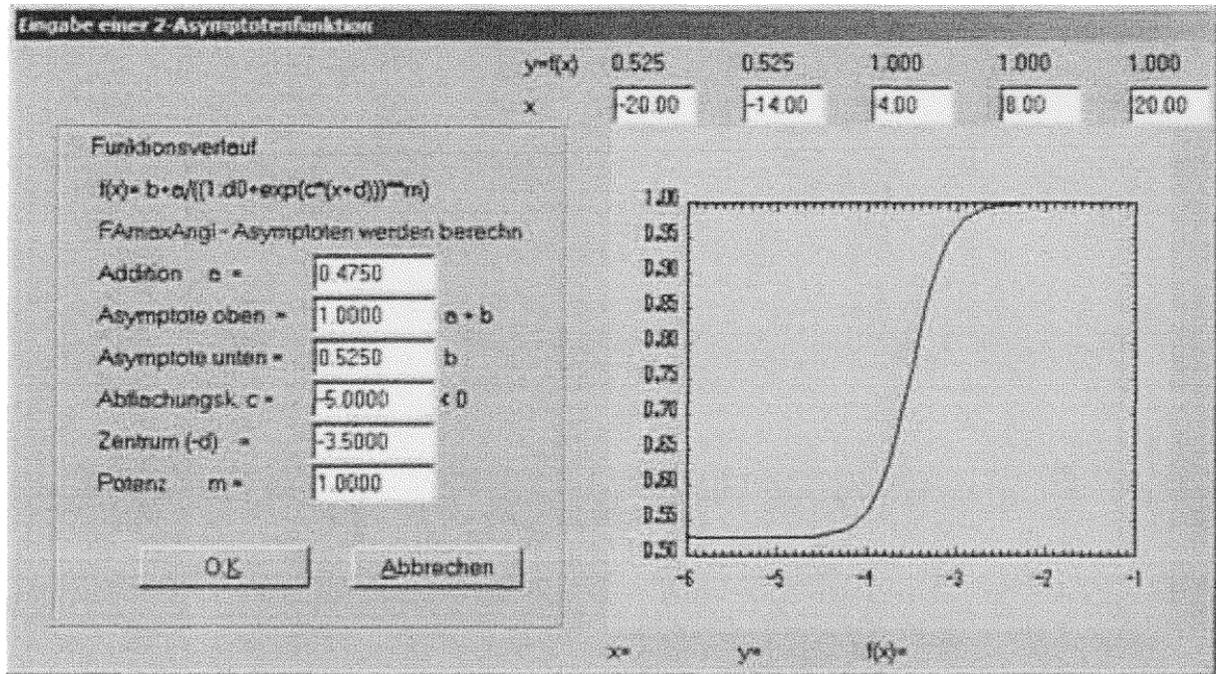


Fig. 5

### Astigmatismo teórico

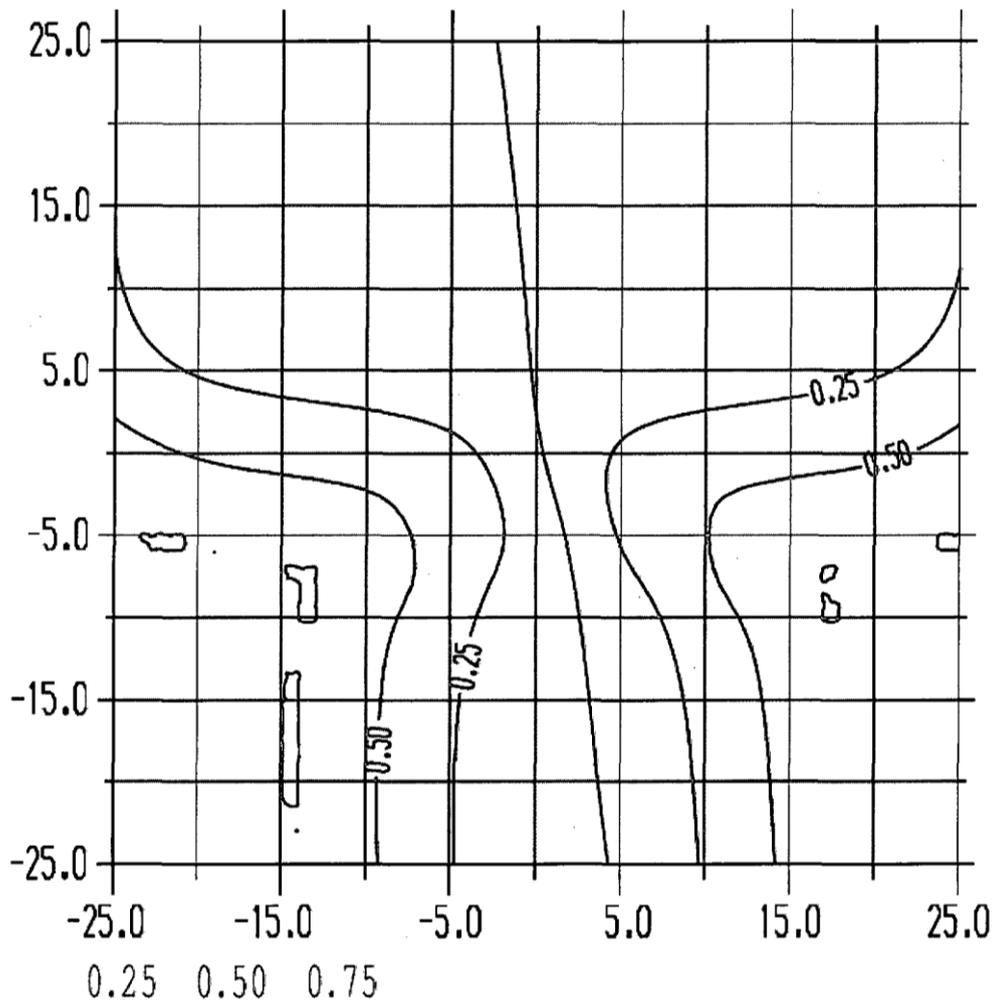


Fig. 6A

### Astigmatismo teórico

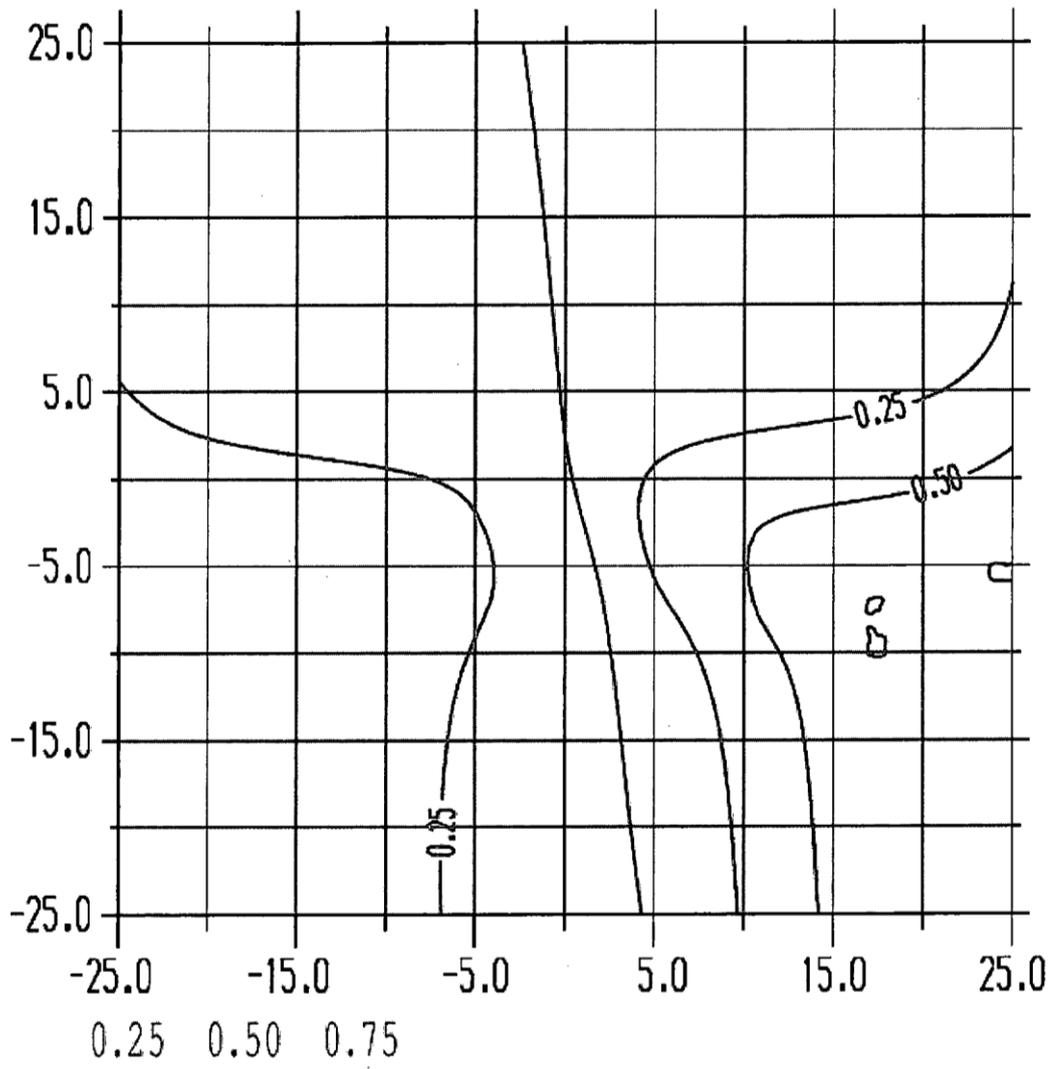


Fig. 6B

### Poder refringente superficie medio

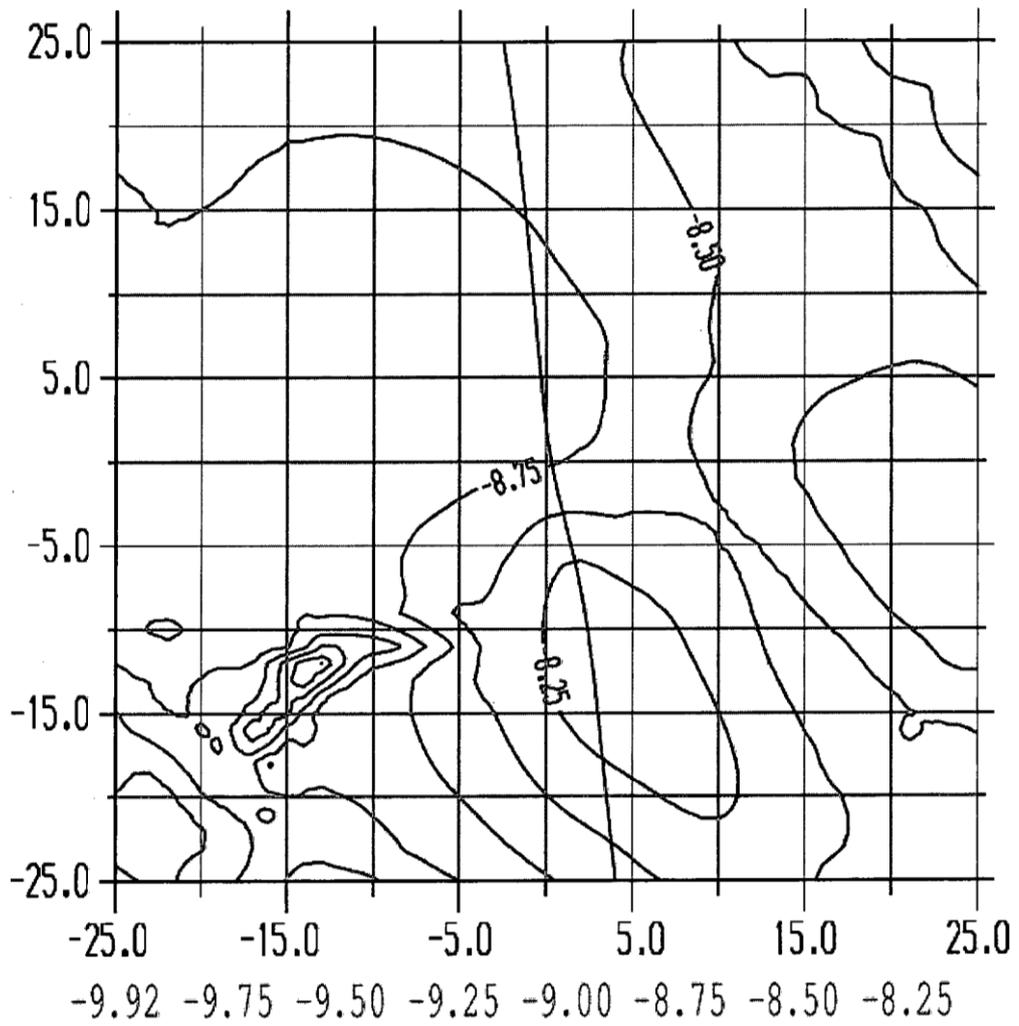


Fig. 7A

### Poder refringente superficie medio

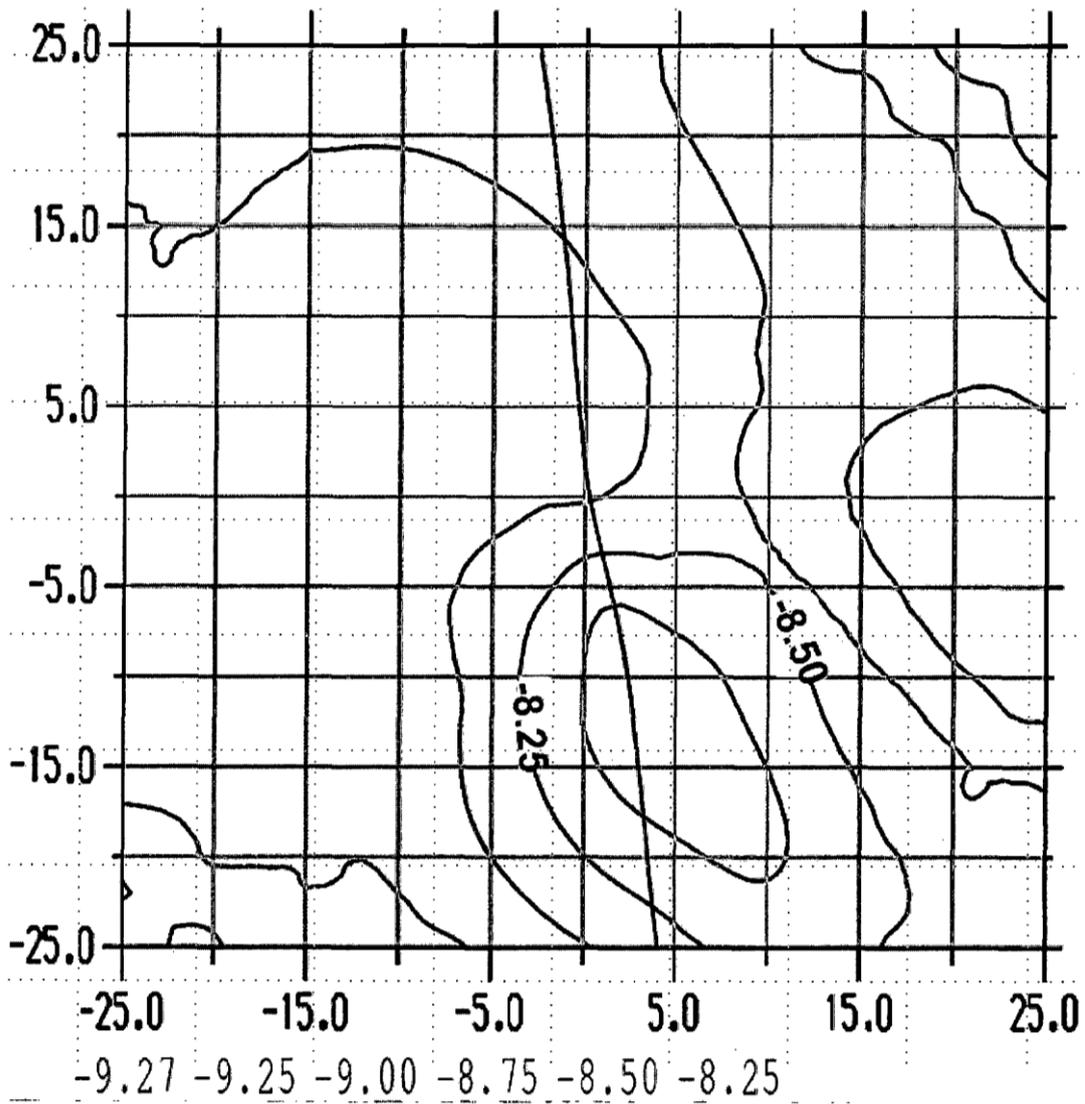


Fig. 7B

**Poder refringente superficie gradiente**

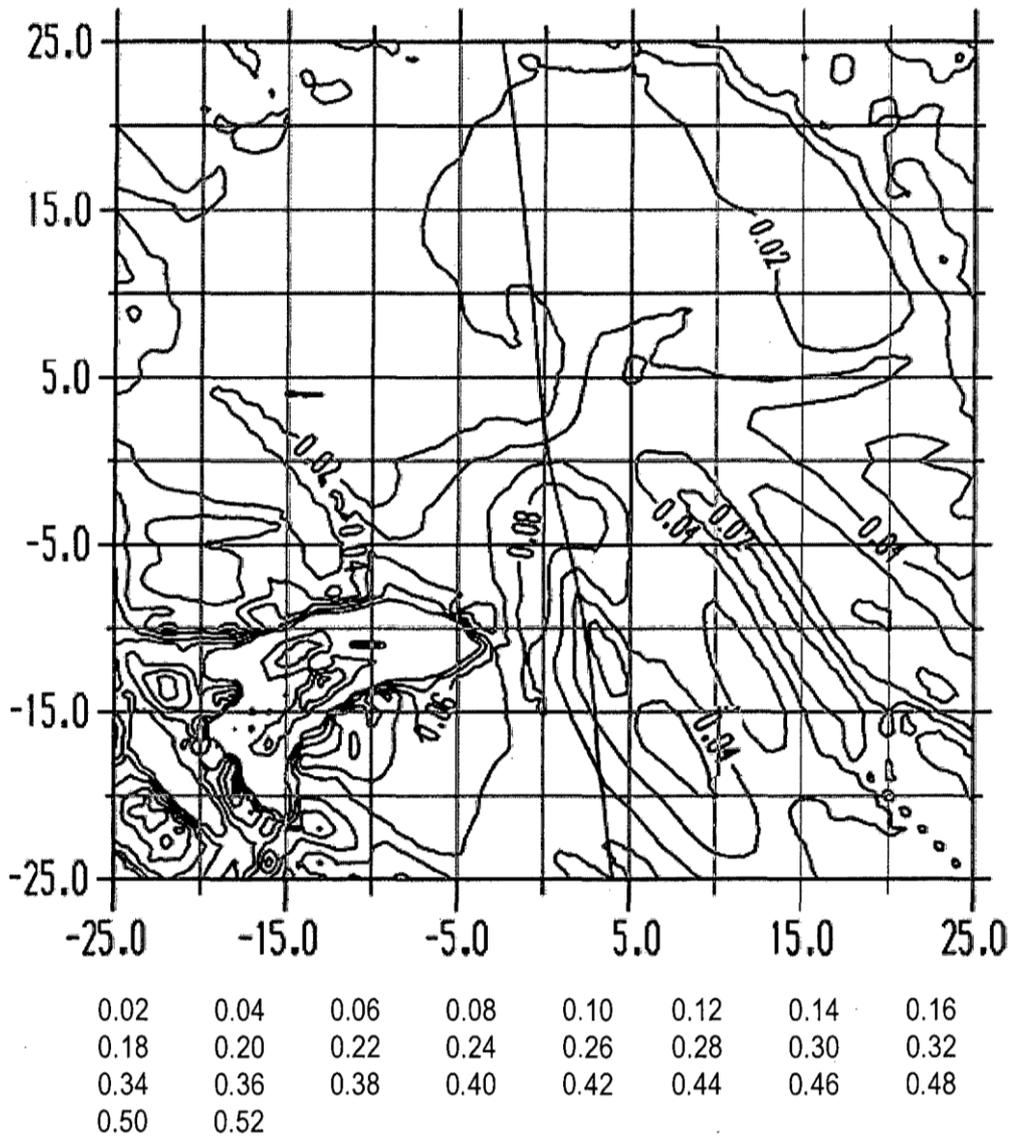


Fig. 8A

### Poder refringente superficie gradiente

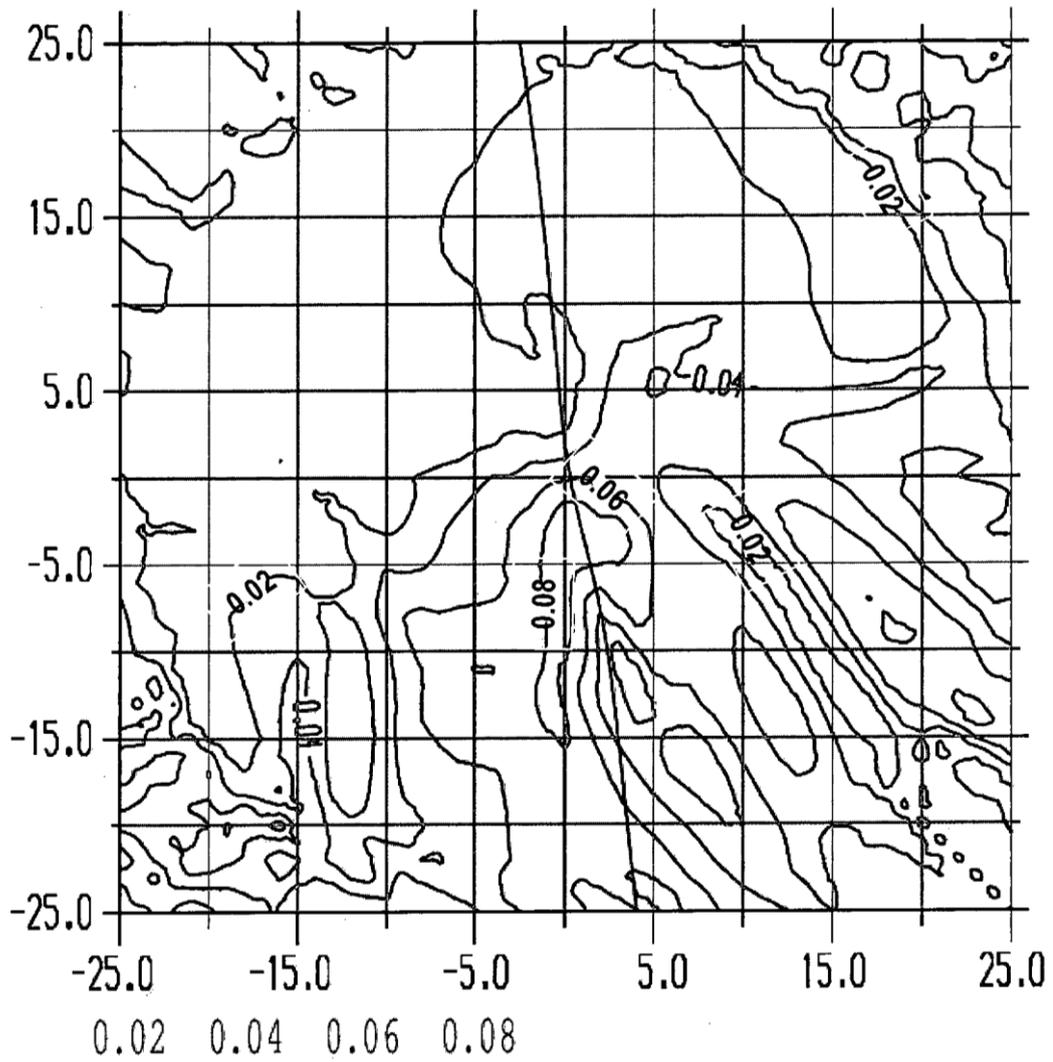


Fig. 8B

### Astigmatismo superficie

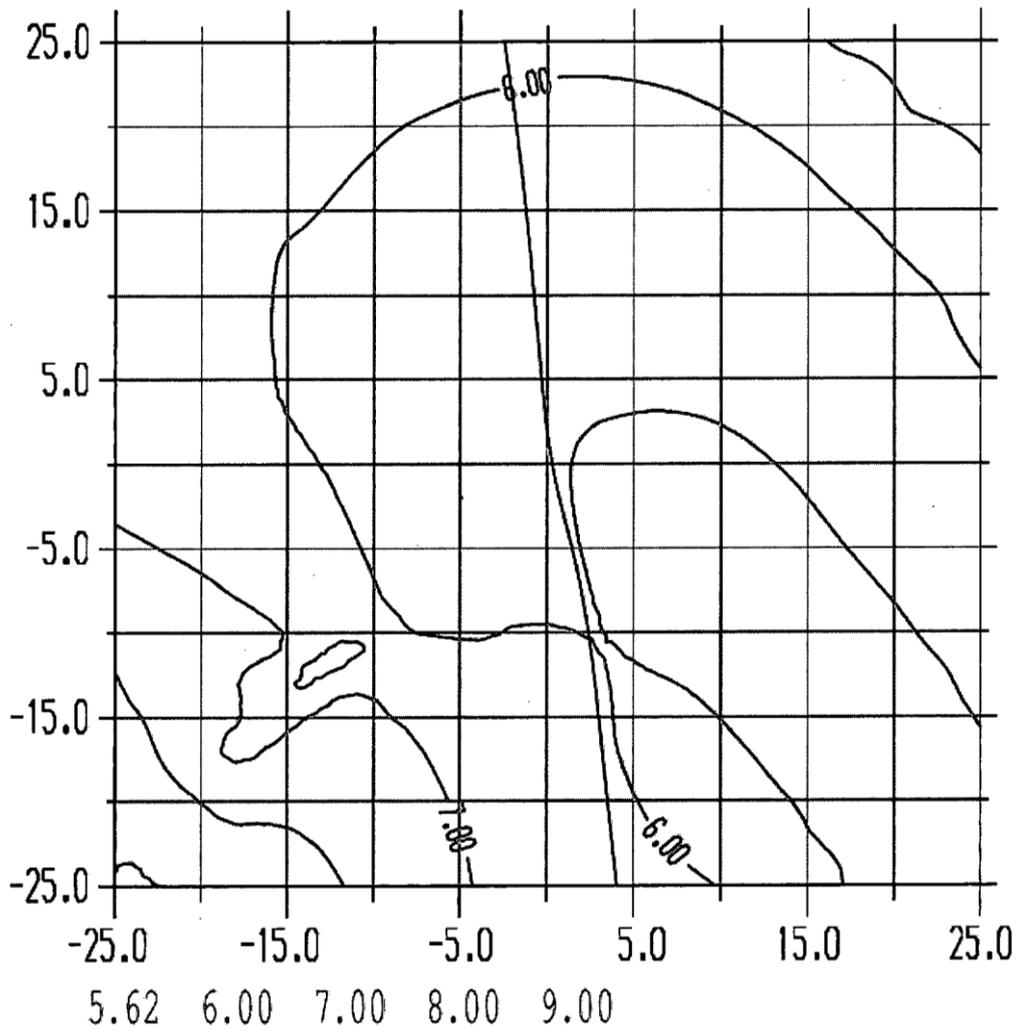


Fig. 9A

### Astigmatismo superficie

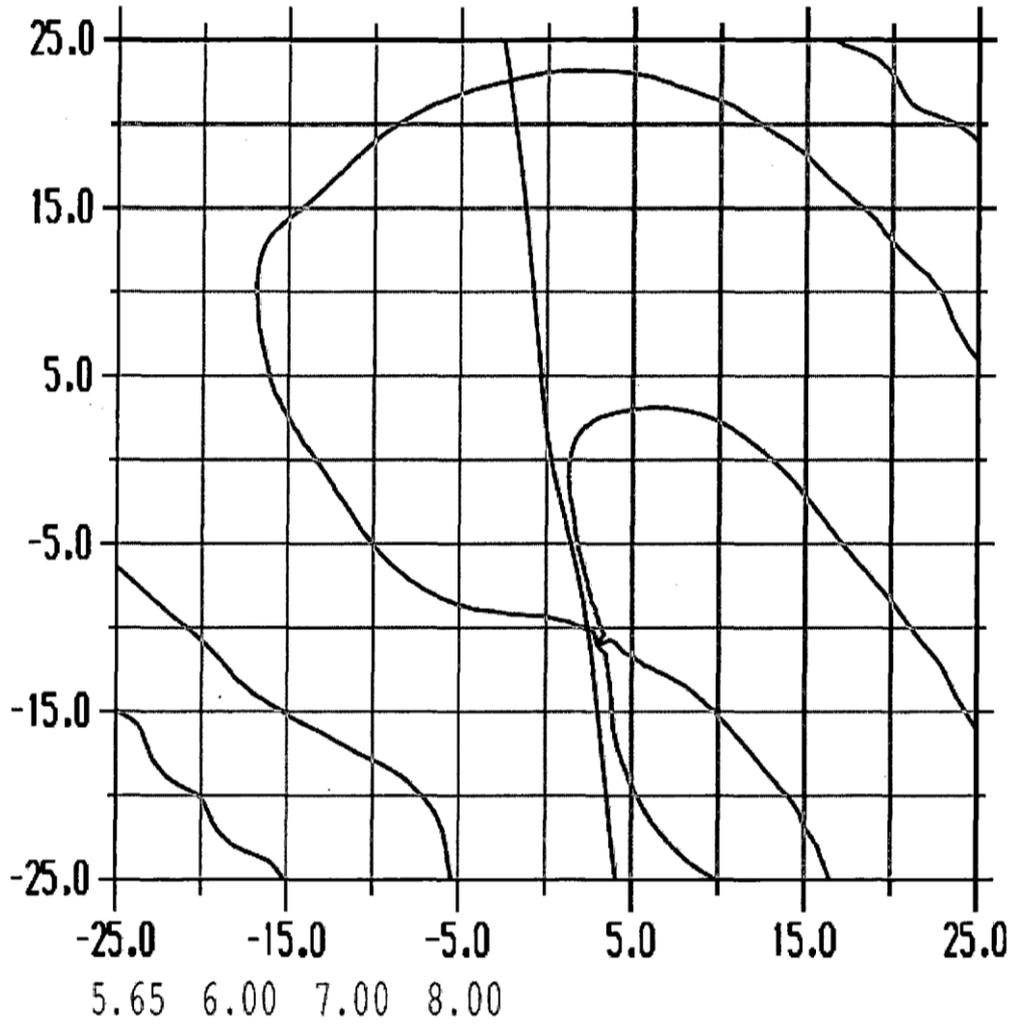


Fig. 9B

### Astigmatismo superficie gradiente

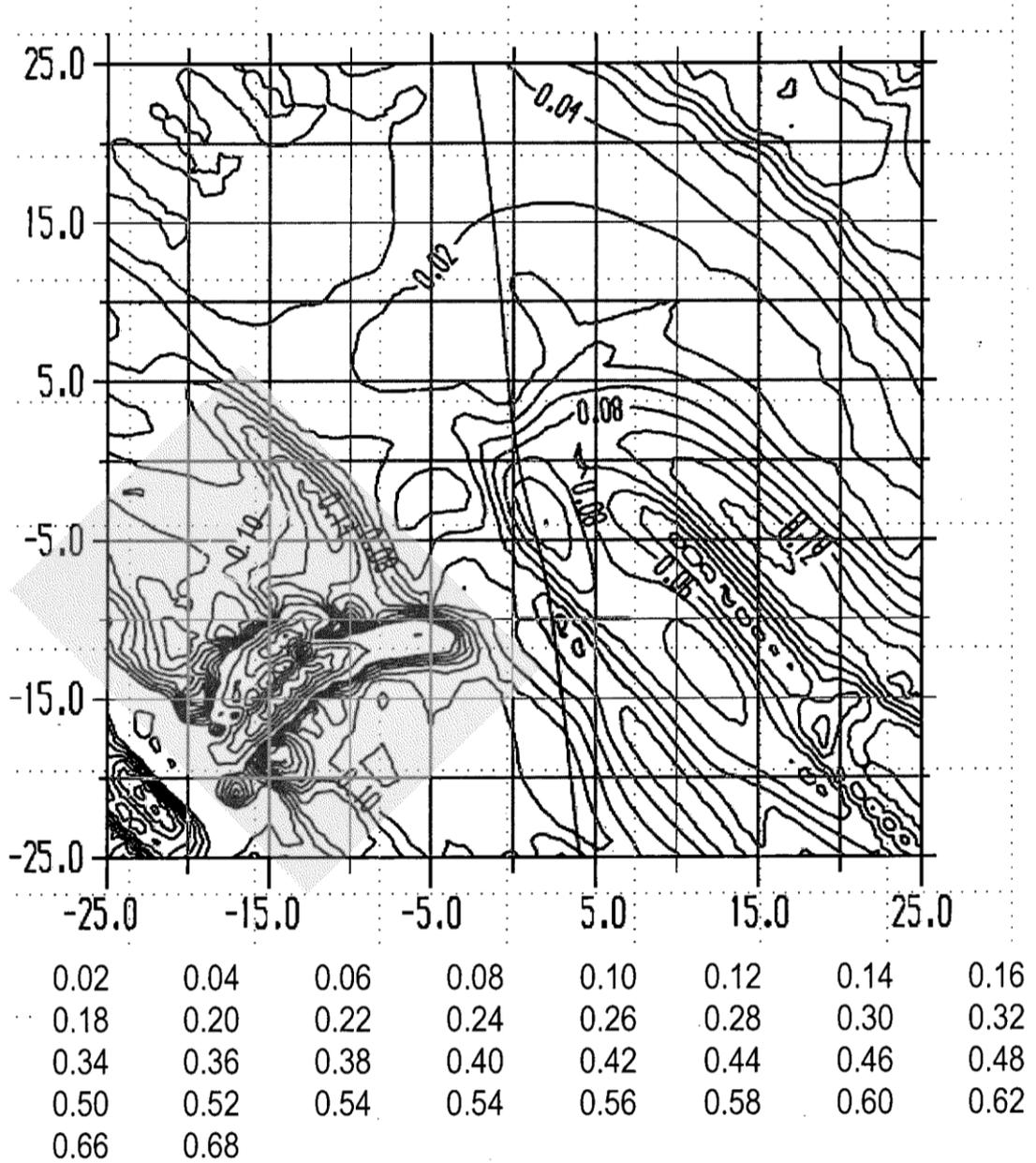


Fig.10A

### Astigmatismo superficie gradiente

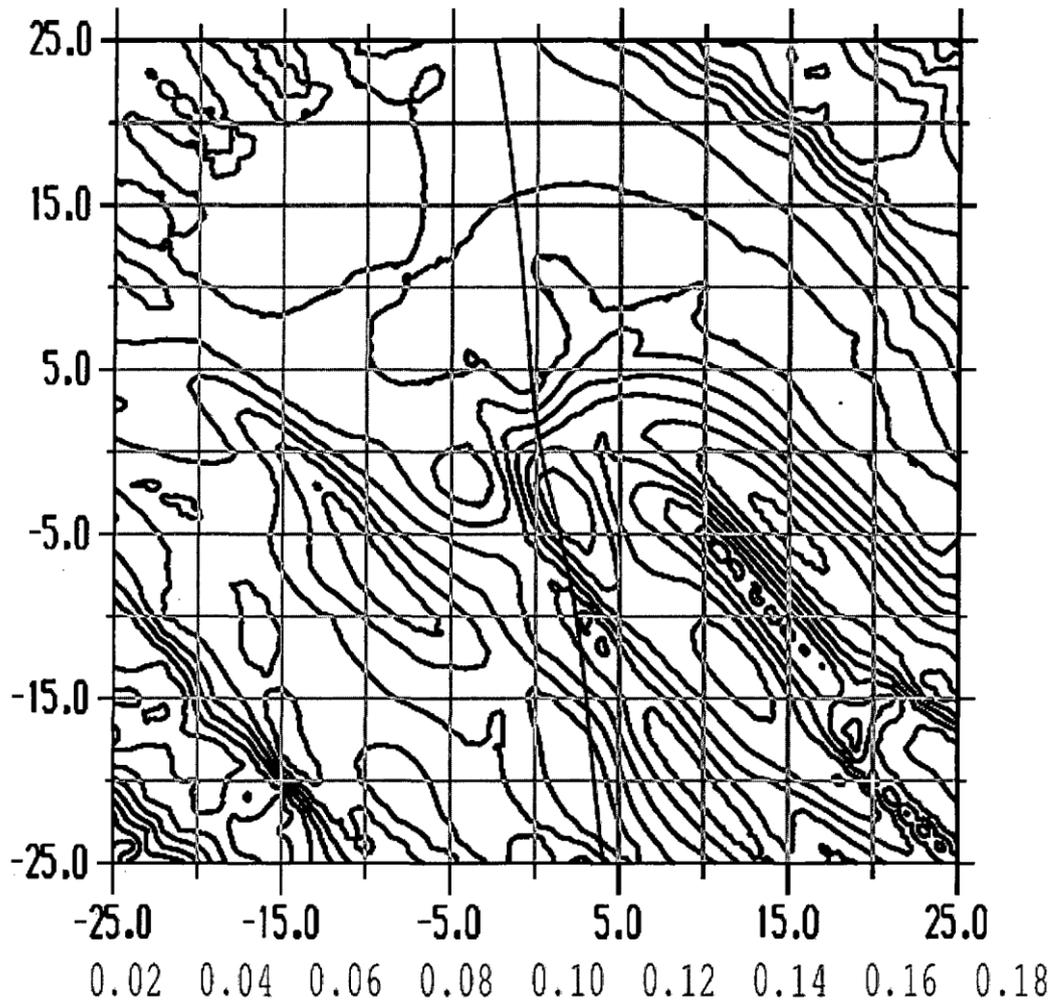


Fig. 10B

### Astigmatismo (com. Cristal + Ojo)

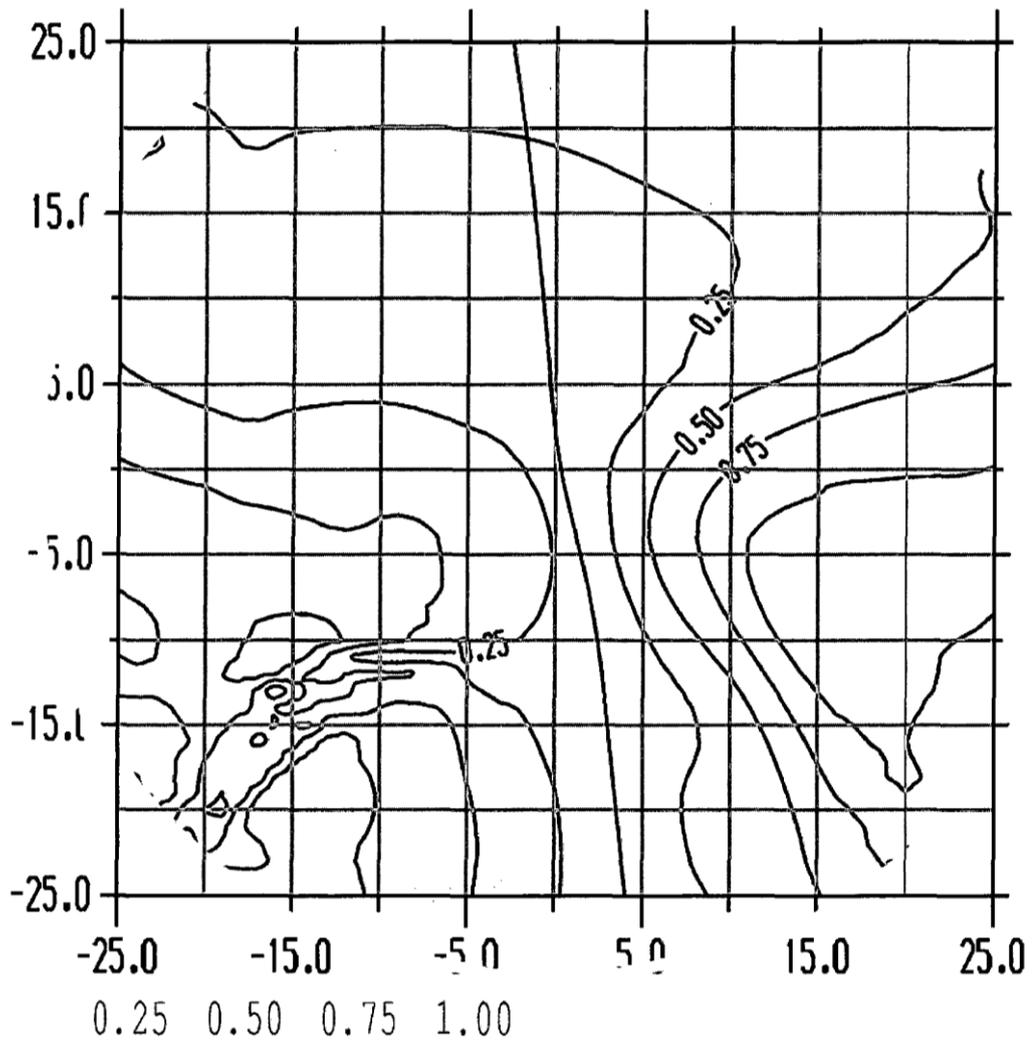


Fig. 11A

### Astigmatismo (com. Cristal + Ojo)

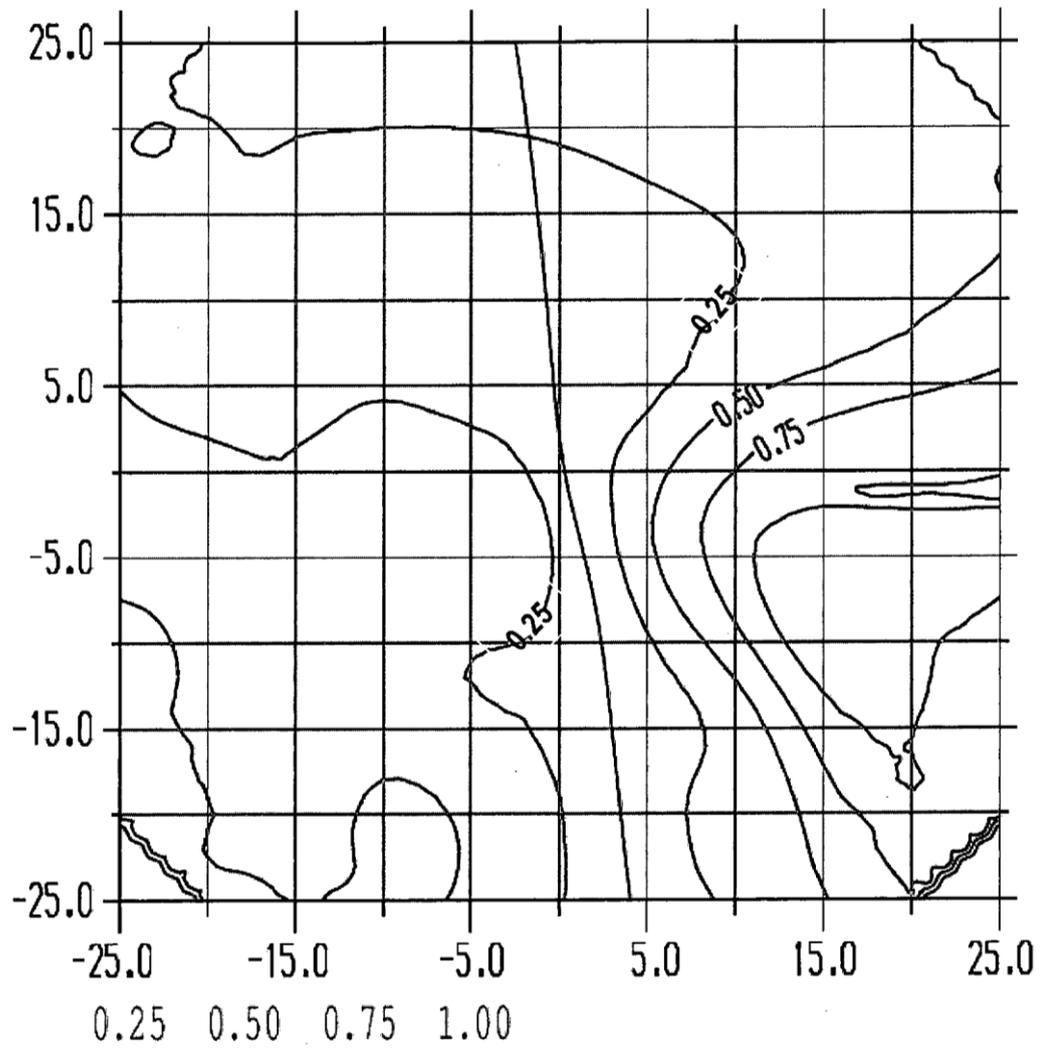


Fig. 11B

**Poderefringente**

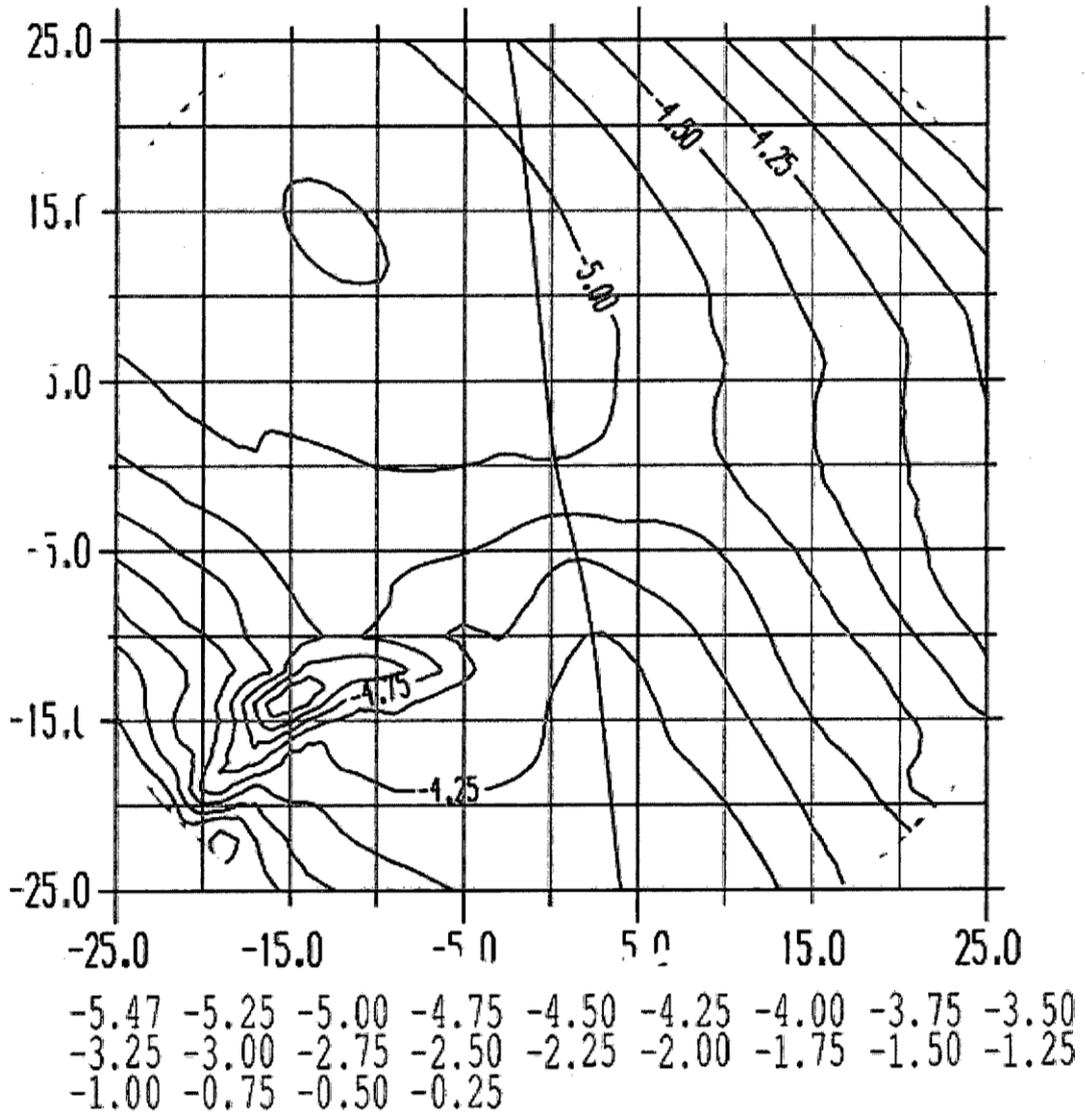


Fig. 12A

### Poder refringente

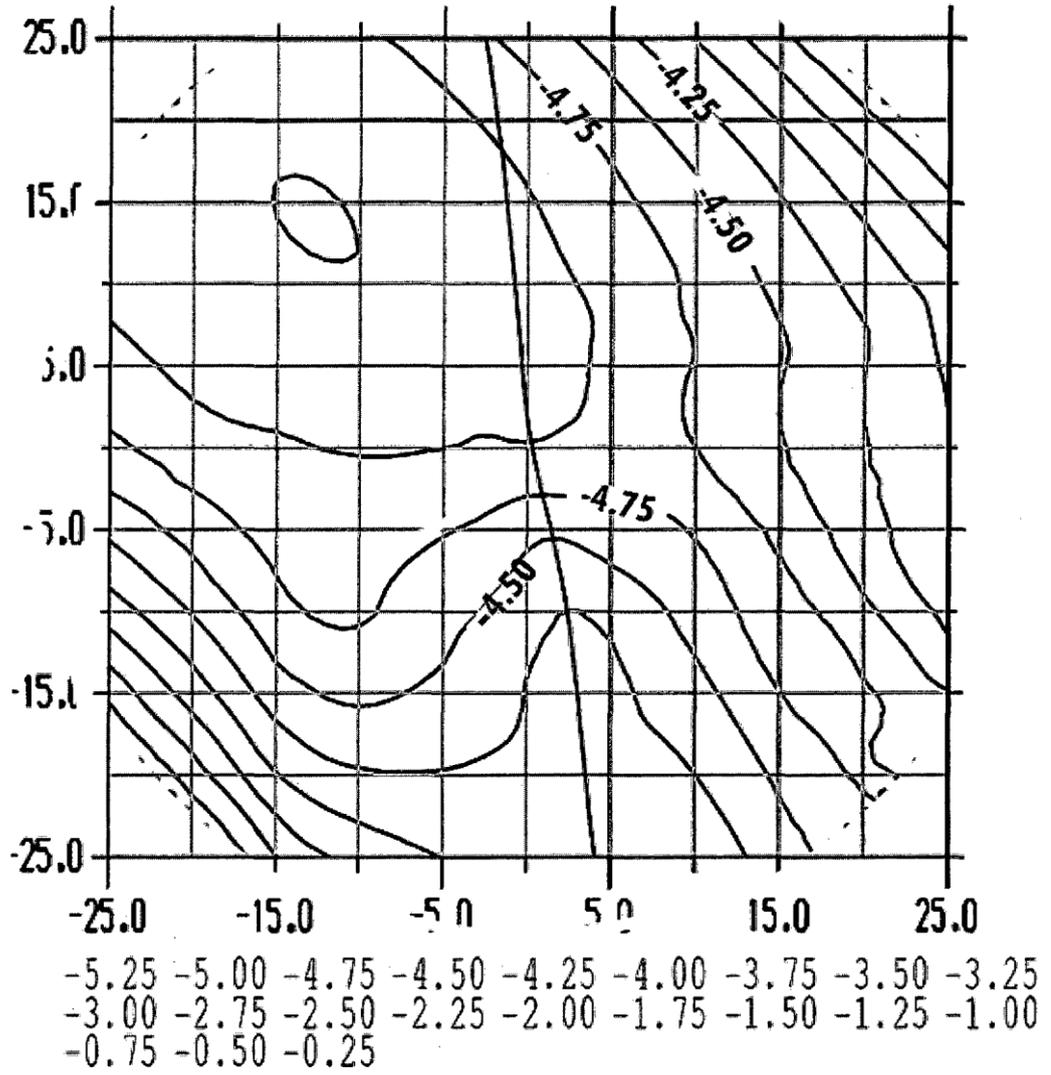


Fig. 12B

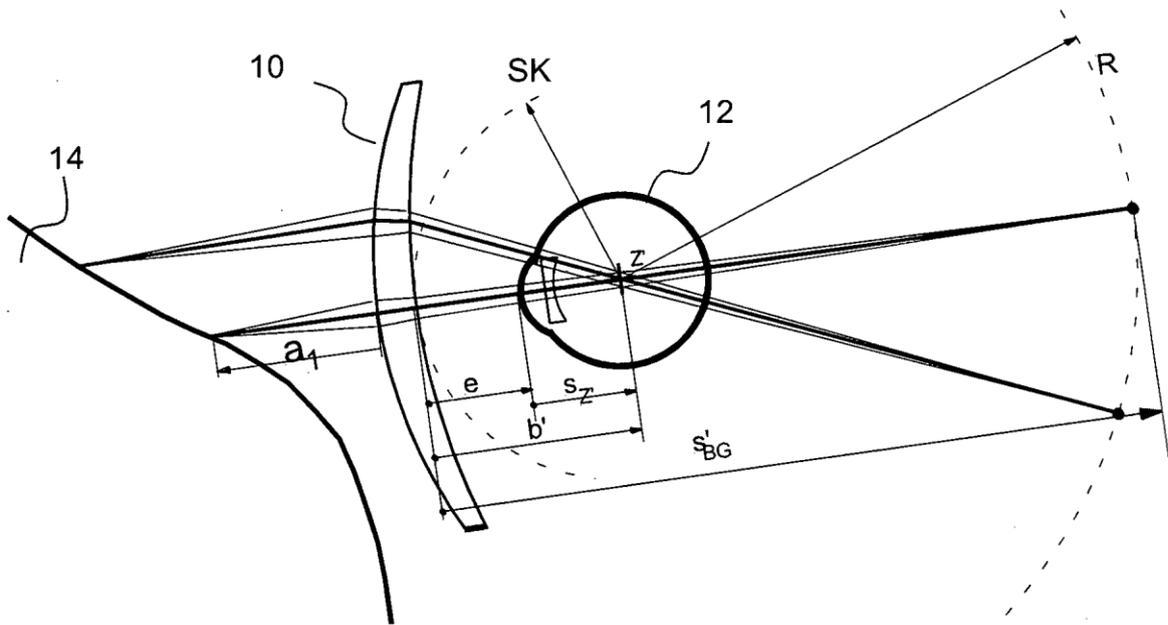


Fig. 13A

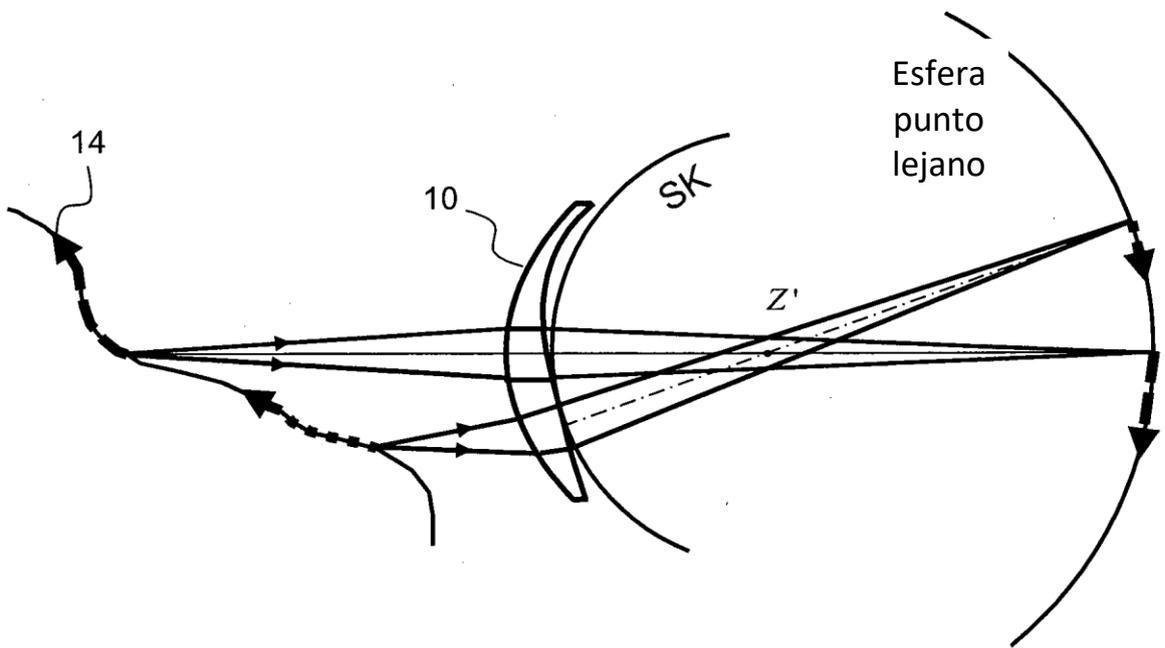


Fig. 13B

Distancia recíproca del objeto como función asintótica

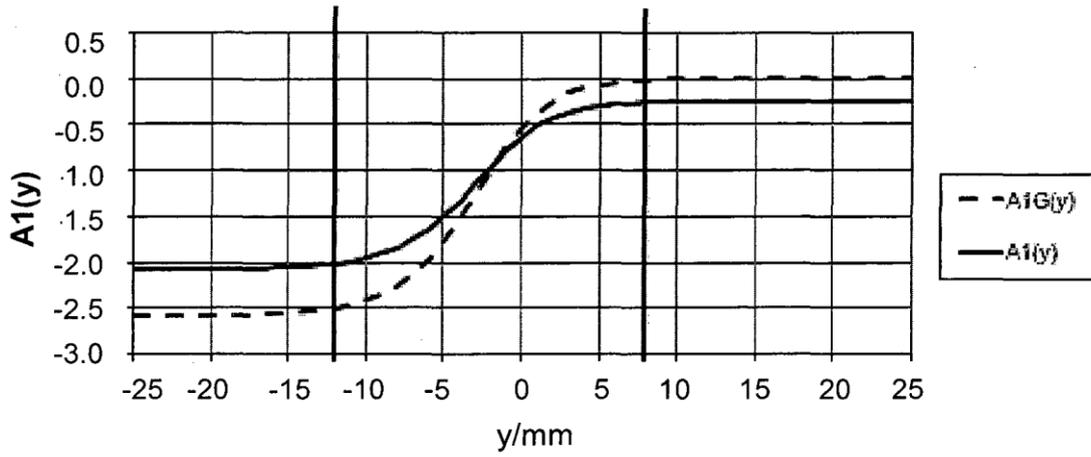


Fig. 14A

Distancia recíproca del objeto como función asintótica

$$A_1(y) = A_1G(y) + A_1Korr(y)$$

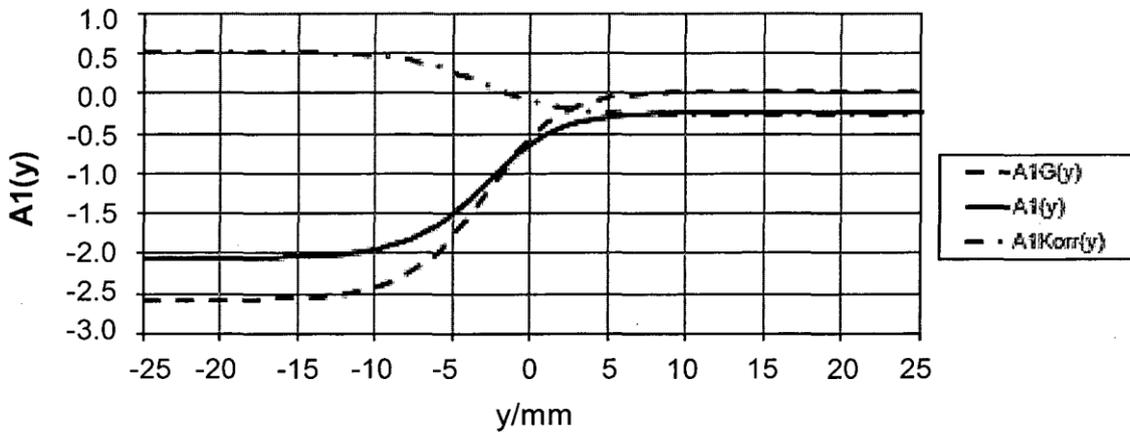


Fig. 14B

Distancia recíproca del objeto como función asintótica doble

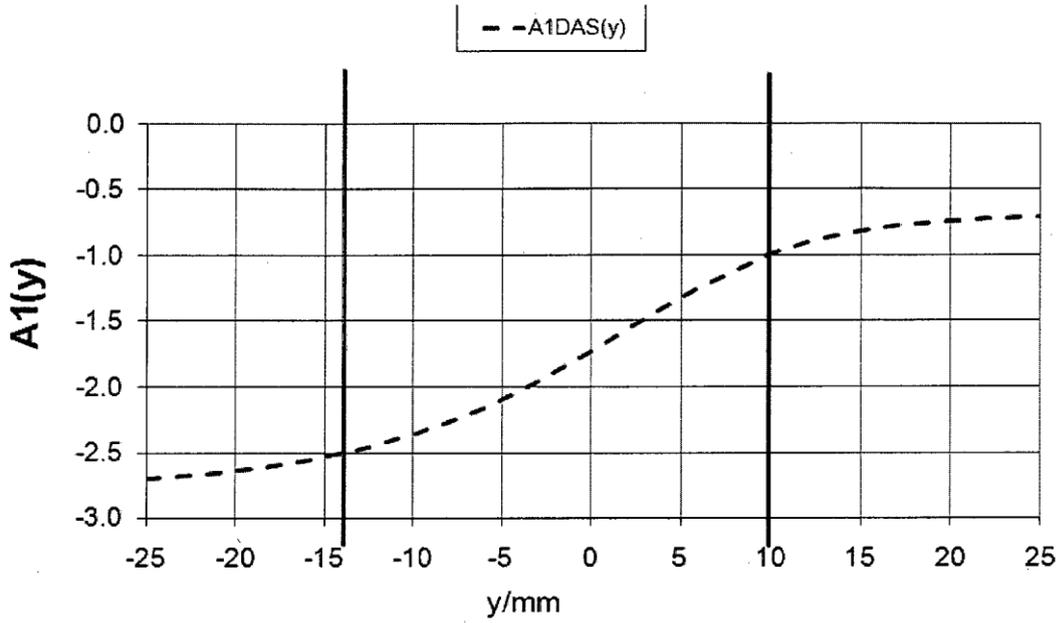


Fig. 15A

Distancia recíproca del objeto como función asintótica doble

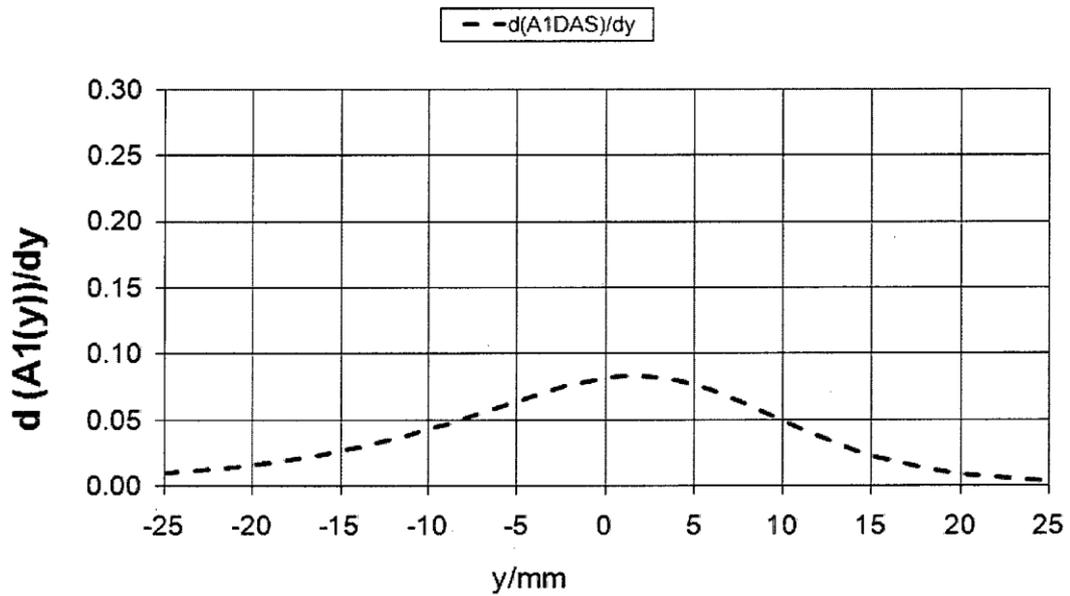


Fig. 15B

Distancia recíproca del objeto: Curva en campana de Gauss

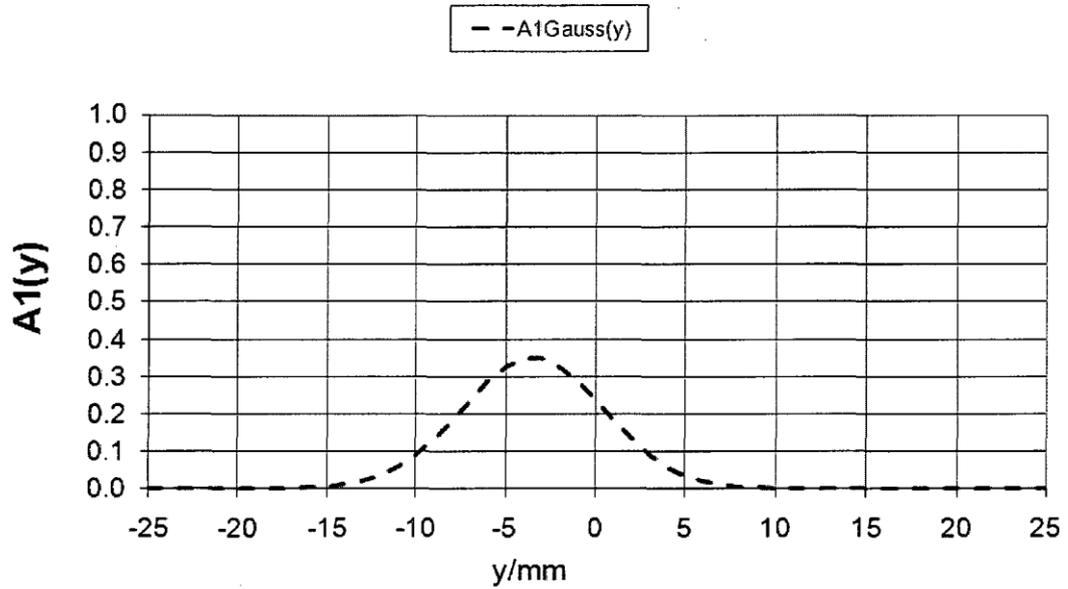


Fig. 15C

Distancia recíproca del objeto como curva en campana de Gauss

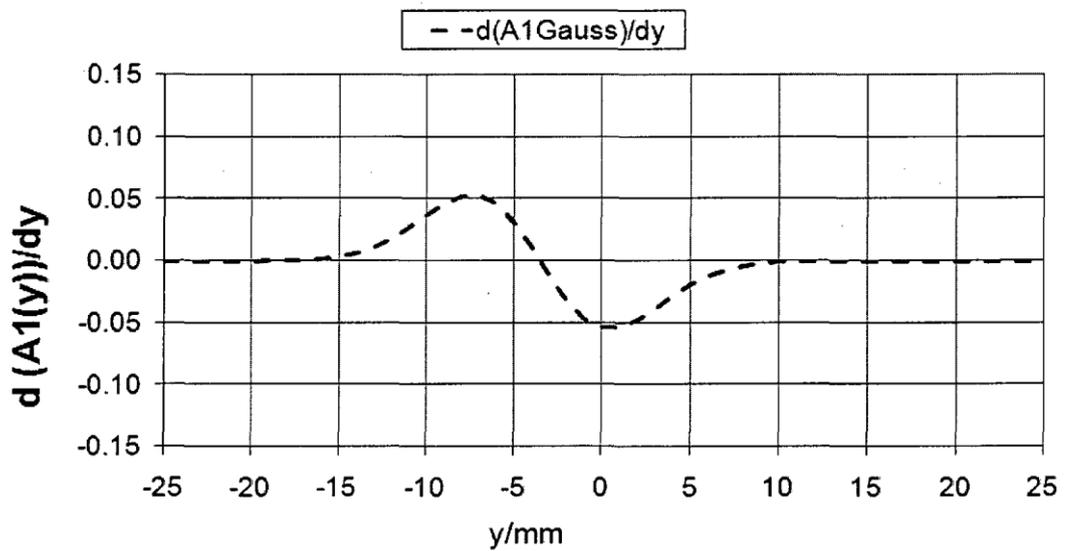


Fig. 15D

Distancia recíproca del objeto: Función asintótica doble + Gauss

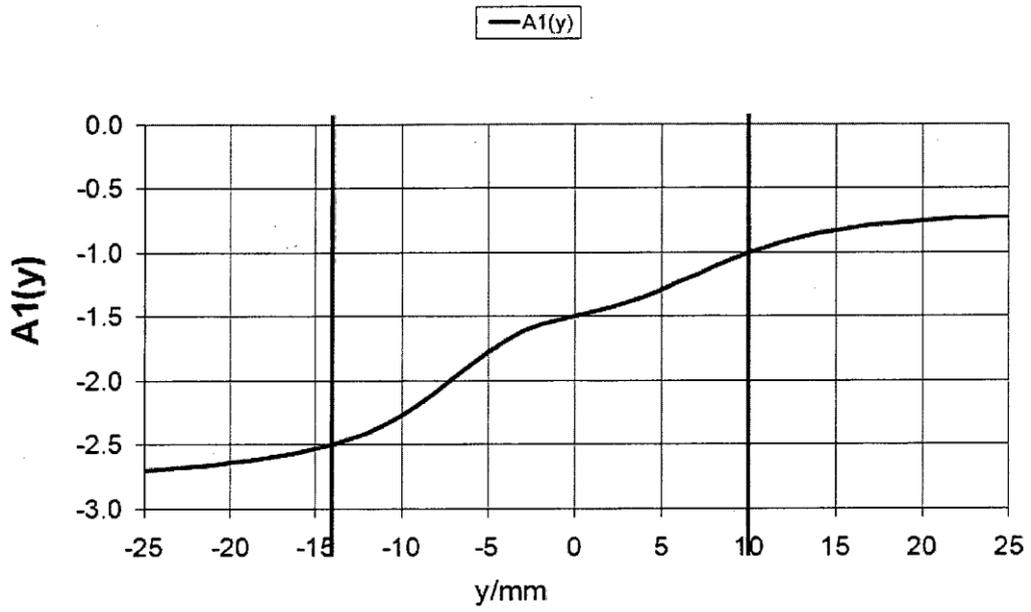


Fig. 15E

Distancia recíproca del objeto: Función asintótica doble + Gauss <sub>s</sub>

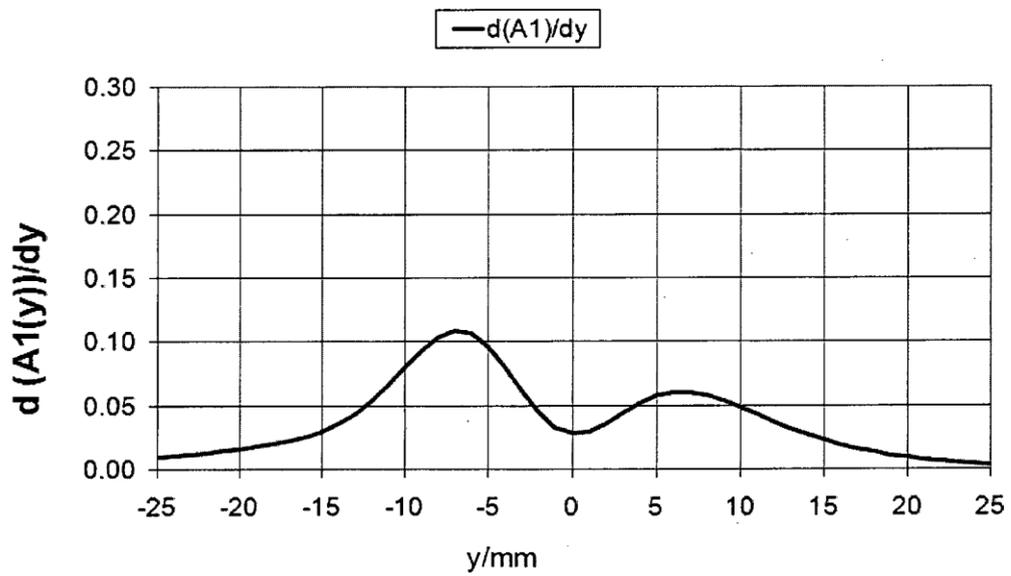


Fig. 15F

Distancia recíproca del objeto: Función asintótica doble + Gauss

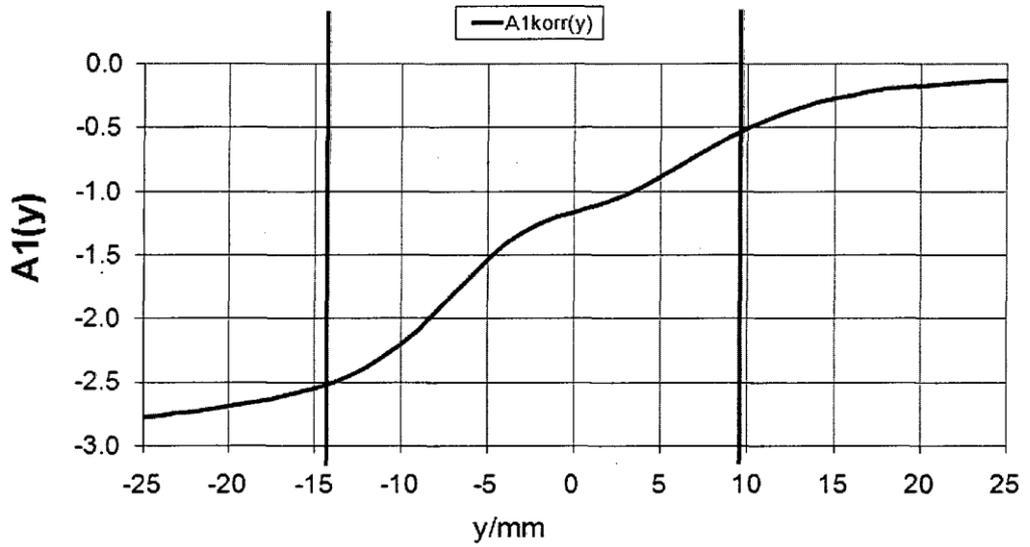


Fig. 15G

Distancia recíproca del objeto: Función asintótica doble + Gauss

Con adaptación lineal a A1 Lejos y A1 Cerca

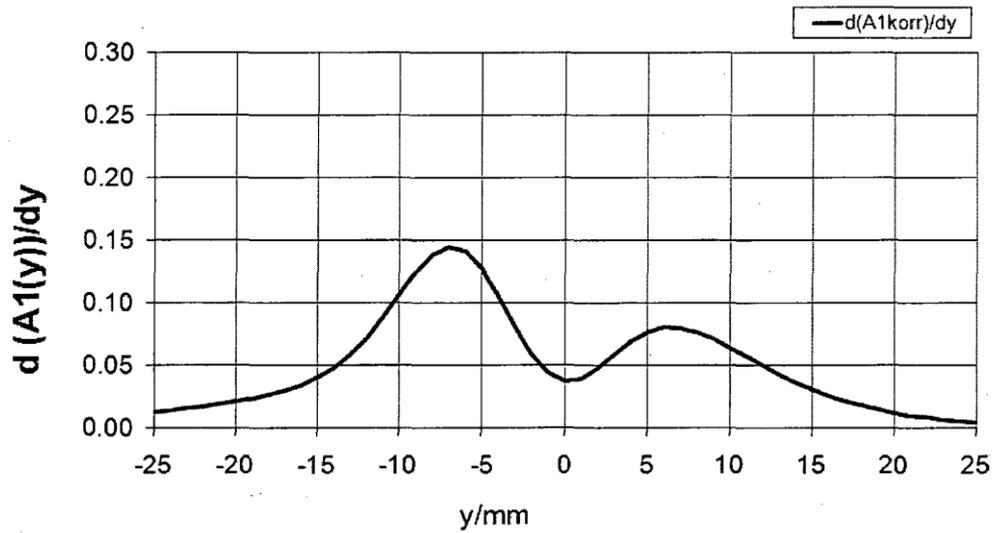


Fig. 15H

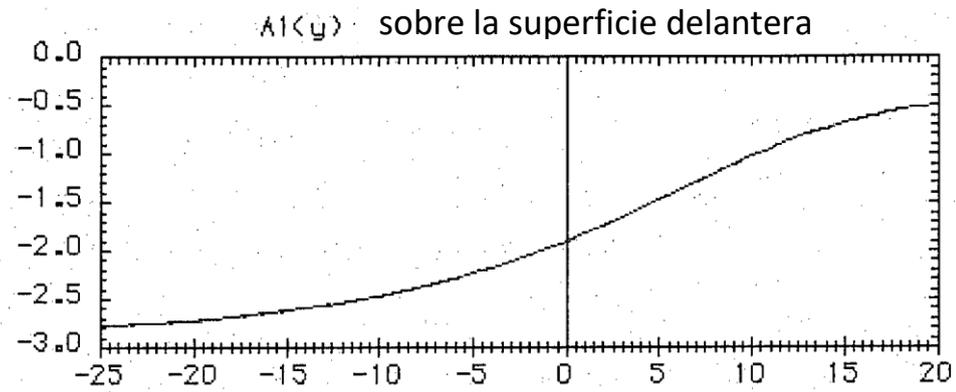


Fig. 16A

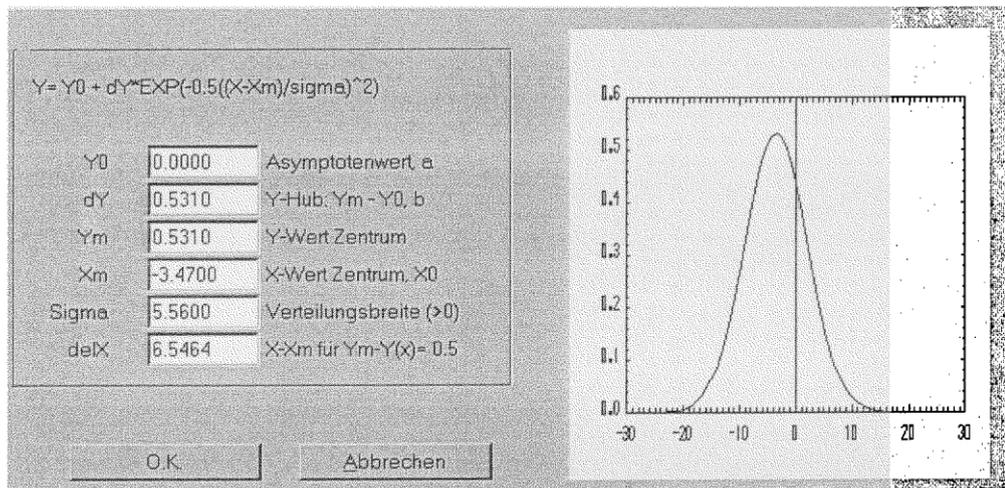


Fig. 16B

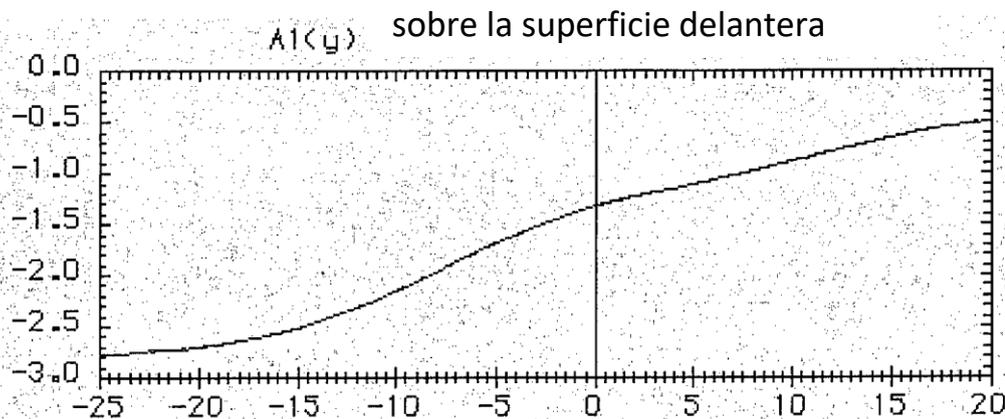


Fig. 16C

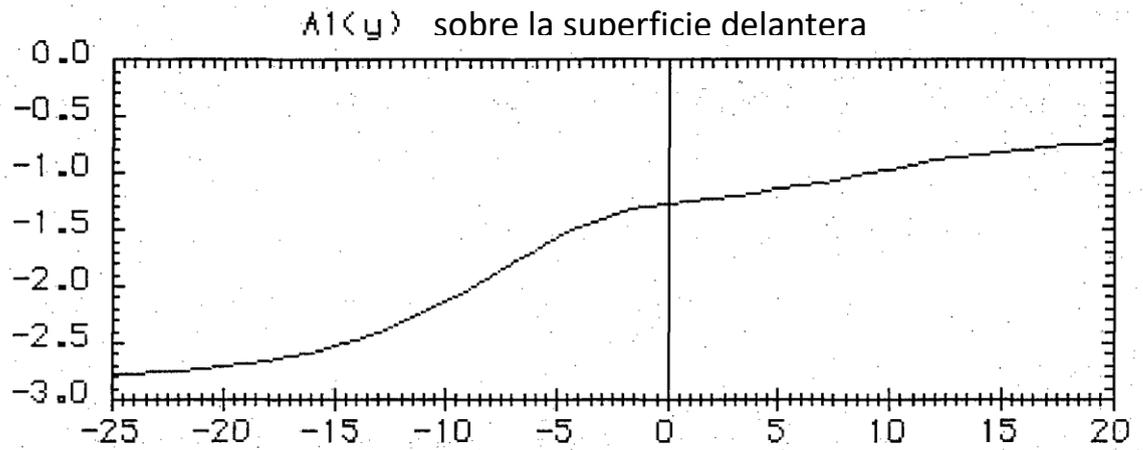


Fig. 17A

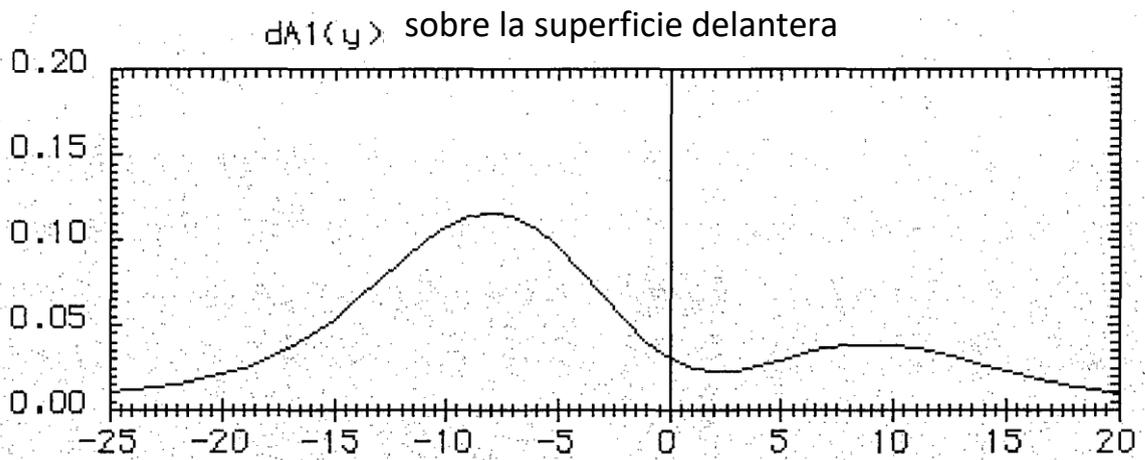


Fig. 17B

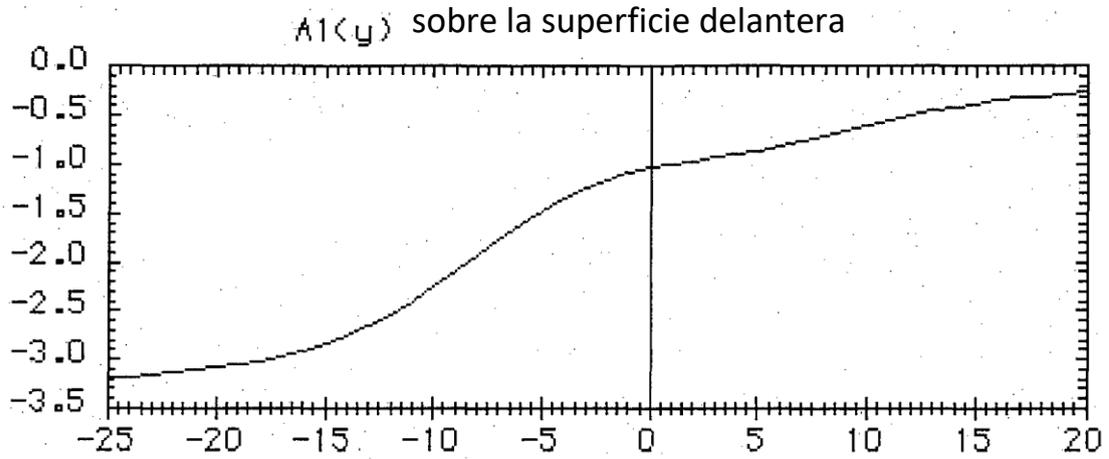


Fig. 17C

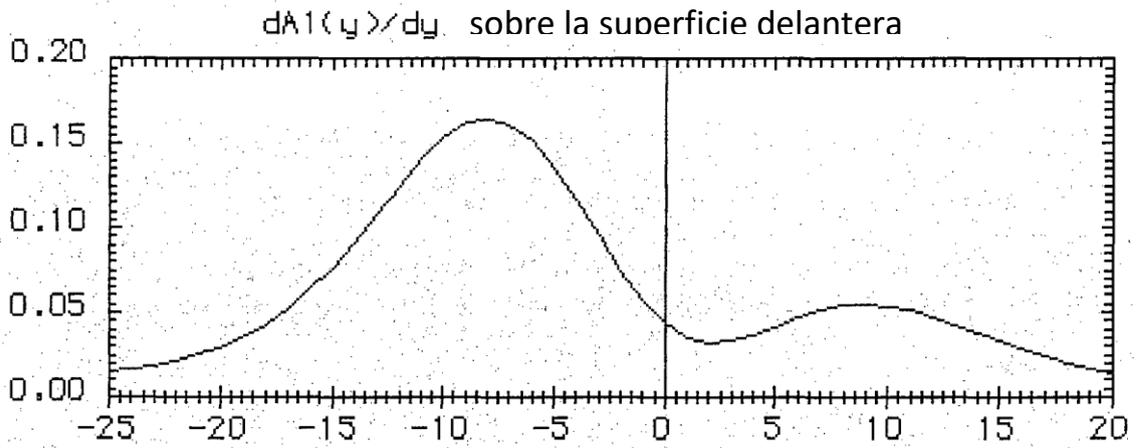


Fig. 17D

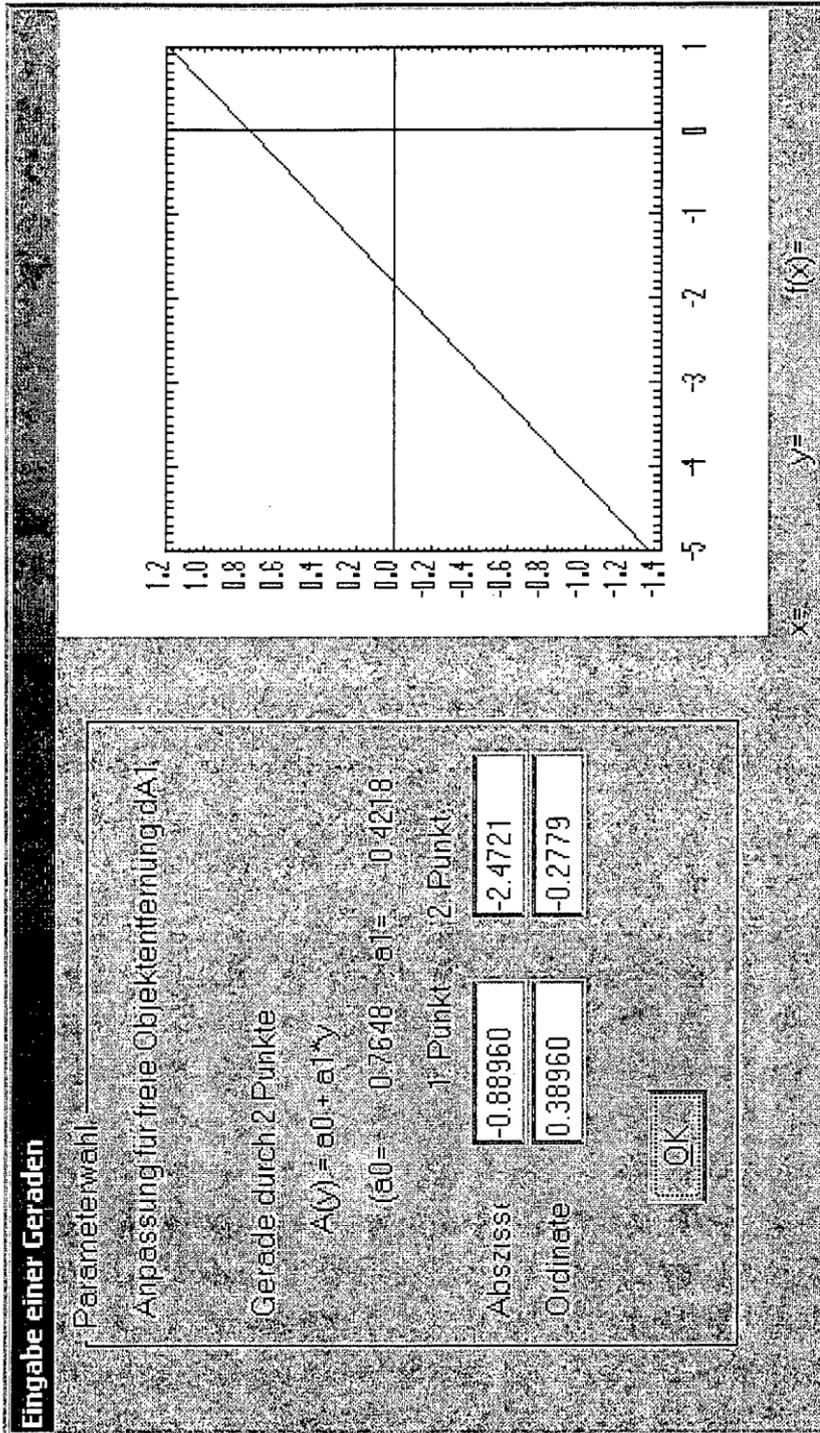


Fig. 18

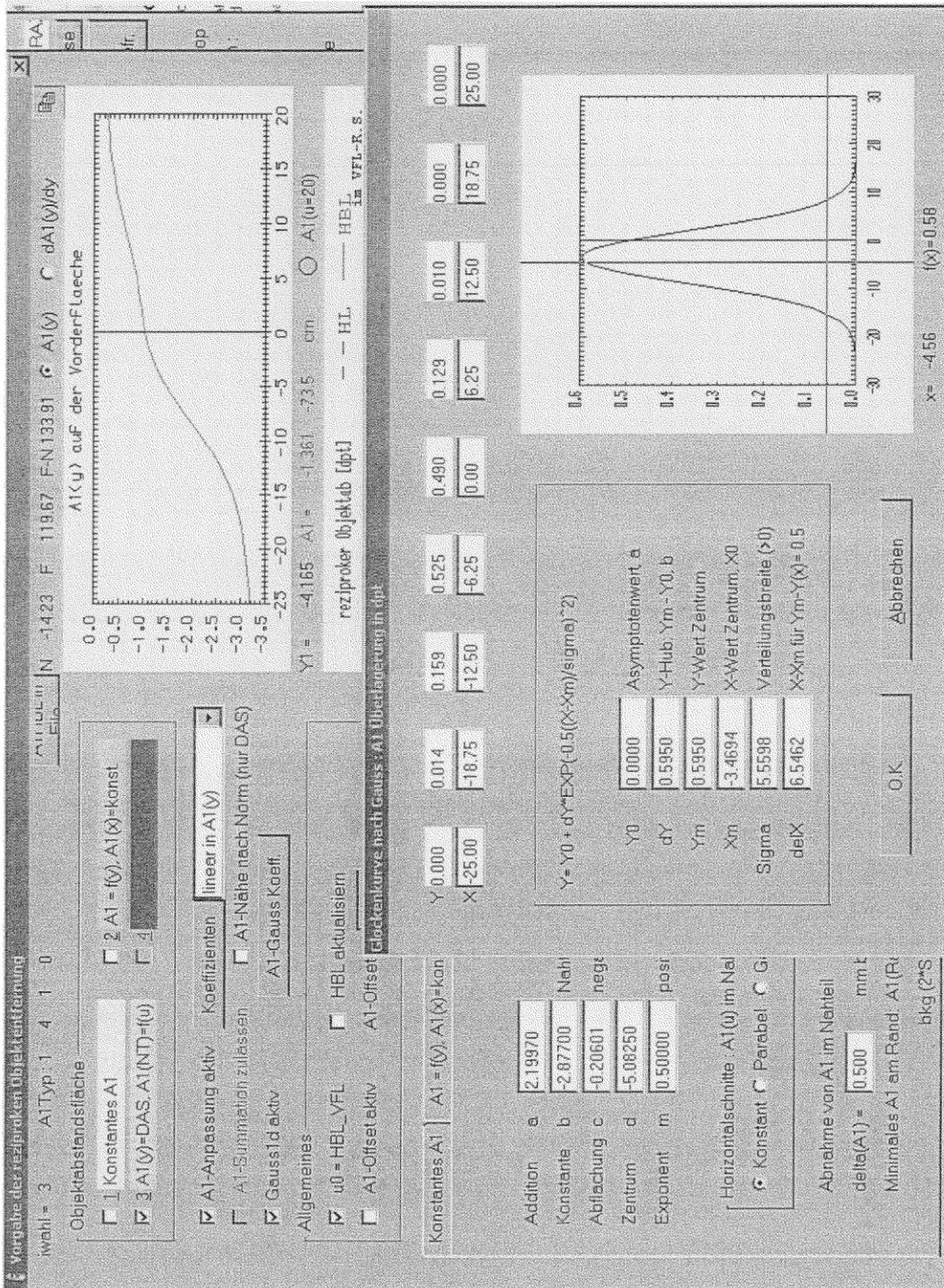


Fig. 19