

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Juni 2001 (21.06.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/44859 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02C 7/00**

2, 87650 Baisweil (DE). **PFEIFFER, Herbert**
[DE/DE]; Georg-Hann-Strasse 16, 81247 München
(DE). **HAIMERL, Walter** [DE/DE]; Thalkirchnerstrasse
78a, 80337 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

18. Dezember 2000 (18.12.2000)

(74) Anwalt: **MÜNICH, Wilhelm**; Dr. Münich & Kollegen,
Wilhelm-Mayr-Strasse 11, 80689 München (DE).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:

199 60 826.1 16. Dezember 1999 (16.12.1999) DE

Veröffentlicht:

— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ESSER, Gre-
gor** [DE/DE]; Brunnenstrasse 1, 85540 Haar (DE).
ALTHEIMER, Helmut [DE/DE]; An der Halde



(54) **Title:** SINGLE VISION SPECTACLE LENS

A2

(54) **Bezeichnung:** EINSTÄRKEN-BRILLENGLAS

WO 01/44859

(57) **Abstract:** The invention relates to a single vision spectacle lens for spherical or astigmatic defects of the eye. The inventive spectacle lens is characterized in that at least one surface is an atoric surface and that along at least one line the refractive error and the astigmatic error is regularly less than 0.15 dpt up to a angle of vision of 40°. For the correction of an astigmatic defect, the deviation of the axis position from the prescribed axis position is less than 1°.

(57) **Zusammenfassung:** Beschrieben wird ein Einstärkenbrillenglas für sphärische oder astigmatische Verordnungen. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass wenigstens eine Fläche eine atorische Fläche ist, und dass entlang mindestens einer Linie der Refraktionsfehler und der astigmatische Fehler bis zu Blickwinkeln von 40° jeweils kleiner als ± 0,15 dpt ist. Im Falle einer astigmatischen Verordnung ist die Abweichung der Achslage von der verordneten Achslage kleiner als 1°.

Einstärken-Brillenglas

5

BESCHREIBUNG**Technisches Gebiet**

10 Die Erfindung bezieht sich auf ein Einstärken-Brillenglas gemäß dem Oberbegriff des Patentansprüche 1 bzw. 2.

Stand der Technik

15 Ein Brillenglas, von dem bei der Formulierung des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 ausgegangen wird, ist durch das Beispiel 7 der EP 0 560 999 A1 bekannt. Dieses Brillenglas weist eine rotationsymmetrische asphärische Fläche und eine atorische Fläche auf.

20 Die EP 0 560 999 A1 beschäftigt sich im wesentlichen damit, bei Brillengläsern mit astigmatischer Wirkung die Linsendicke und die Abbildungsfehler zu verringern. Dabei verbleiben jedoch - wie man den Fig. 21a und 21b der EP 0 560 999 A1 entnehmen kann - sowohl beim astigmatischen Fehler als auch bei der Brechwertabweichung in beiden Hauptschnitten „Restfehler“ von mindestens 0,18 dpt.

25 30 Aus der DE 195 40 186 A1 ist ein Brillenglas mit zwei asphärischen Flächen bekannt, von denen mindestens eine rotationssymmetrisch ausgebildet ist. Das Ziel auch dieser Anmeldung ist es, die Dicke und die Abbildungsfehler eines Brillenglases zu reduzieren. In der Anmel-

deschrift wird jedoch ausdrücklich ausgesagt, daß die Abbildungsfehler in Radialrichtung mit dem Abstand r vom Scheitel zunehmen. Dabei können die Abbildungsfehler bei einem Abstand von 30 mm Werte von über 0,1 dpt 5 annehmen. Weiterhin gibt es keine Vorzugsrichtung entlang derer die Abbildungsfehler besonders korrigiert werden.

Auf die beiden vorgenannten Druckschriften wird im übrigen zur Erläuterung aller hier nicht näher beschriebenen Einzelheiten ausdrücklich Bezug genommen.

Darstellung der Erfindung

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, daß es möglich ist, 15 ein Einstärken-Brillenglas so zu gestalten, daß entlang mindestens einer Linie bis zu einem Blickwinkel von 40 Grad weder ein astigmatischer Fehler noch eine Brechwertabweichung auftritt.

20 Der Erfundung liegt damit die Aufgabe zugrunde, ein Brillenglas anzugeben, das hinsichtlich des astigmatischen Fehlers und/oder der Brechwertabweichung möglichst gut optimiert ist, wobei kosmetische Gesichtspunkte, wie die Durchbiegung zwar nicht außer Betracht 25 bleiben, jedoch nicht in erster Linie berücksichtigt werden.

Insbesondere sollen astigmatische Fehler und Refraktionsfehler möglichst in bezug auf alle Blickrichtungen 30 vorteilhaft korrigiert werden. Zudem sollen die Flächen bzw. Oberflächen des Brillenglases zur Verringerung der

genannten Fehler optimiert sein. Der zusätzliche Aufwand soll dabei trotzdem gering gehalten sein.

5 Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist in den Patentansprüchen 1 und 2 angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

10 Erfindungsgemäß ist erkannt worden, daß eine Korrektion beider Abbildungsfehler, d.h. sowohl des Astigmatismus als auch des Refraktionsfehlers, für alle Blickrichtungen nicht möglich ist. Dies gilt auch bei der Verwendung von zwei asphärischen Flächen. Man kann entweder nur den Astigmatismus oder nur den Refraktionsfehler für alle Blickwinkel korrigieren. Mit einer zweiten 15 asphärischen Fläche lassen sich nur die kosmetischen Eigenschaften, wie z.B. die Dicke oder die Durchbiegung zusätzlich verbessern (s. DE 195 40 186 A1).

20 Grundlage der Erfindung ist nun, daß, wenn man schon nicht für alle Blickwinkel die Abbildungsfehler korrigieren kann, man dies, abweichend vom Stand der Technik, für eine oder mehrere Vorzugsrichtungen vornehmen kann.

25 Eine solche Vorzugsrichtung ist im allgemeinen die horizontale und/oder die vertikale Richtung. Es kann aber auch, je nach Anwendungsfall (z.B. Golfspieler), jede beliebige andere Richtung sein. Dabei dürfen die Abbildungsfehler allerdings für die anderen Blickrichtungen 30 (bis 40 Grad Blickauslenkung) keine Werte überschreiten, die das direkte Sehen stark beeinträchtigen. Dies sind z.B. Werte von 1,0 dpt.

Um dies zu erreichen, benötigt man mindestens eine atorische Fläche. Die zweite Fläche kann dann beliebig gewählt werden, ist aber vorzugsweise eine rotationssymmetrische asphärische Fläche.

Die atorische Fläche kann eine Fläche mit zwei, einer oder keiner Symmetrieebene sein. Stimmen die Vorzugsrichtung für die Korrektur und die Achslage des Astigmatismus nicht überein - dies ist vergleichsweise häufig der Fall - , so hat die atorische Fläche vorzugsweise keine Symmetrieebene mehr.

Auch bei einer rein sphärischen Verordnung benötigt man, im Gegensatz zum Stand der Technik, mindestens eine atorische Fläche. Entweder man verwendet dann eine atorische Fläche, bei der die Scheitelkrümmungen gleich sind - also ein Flächenastigmatismus nur außerhalb des Zentrums bzw. des Scheitels auftritt - , was zu bevorzugen ist, oder man muß den - eigentlich nicht erwünschten - Astigmatismus am Scheitel durch eine zweite torische oder atorische Fläche kompensieren.

Erfindungsgemäß es ist vorteilhaft, wenn die Anzahl der Linien gemäß Anspruch 1 größer als 1 ist. Die Brillenglasflächen können je nach den optischen Anforderungen zusätzlich angepasst sein. Auch die Ausgestaltung sowie die Lage der Linie bzw. der Linien kann vorteilhaft entsprechend den optischen Anforderungen vorgenommen werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben, auf die im übrigen hinsichtlich der Offenbarung aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigen:

- 10 Fig. 1a: den astigmatischen Fehler eines erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels „Brillenglas Nr. 1“
- 15 Fig. 1b: den Refraktionsfehler des erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels „Brillenglas Nr. 1“
- 20 Fig. 2a: den astigmatischen Fehler eines erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels „Brillenglas Nr. 2“
- Fig. 2b: den Refraktionsfehler des erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels „Brillenglas Nr. 2“.

25 **Darstellung von Ausführungsbeispielen**

Erfindungsgemäß ist wenigstens eine der beiden Flächen des Brillenglases, also die Vorderfläche oder die außenseitige Fläche, eine atorische Fläche. Beschreiben kann man solche atorischen Flächen z.B. mit nachfolgend angegebenen mathematischen Ansätzen, wobei selbstverständlich auch andere Ansätze, wie beispielsweise Ansätze mit Spline-Funktionen möglich sind. Die folgenden Ansätze werden deshalb nur zur allgemeinen Erläuterung angegeben:

35

Bei den folgenden Erläuterungen wird ohne Beschränkung der Allgemeinheit ein kartesisches Koordinatensystem

verwendet, bei dem die x-Achse horizontal (in Ge-
brauchsstellung) und die y-Achse vertikal orientiert
sind. Die z-Achse steht auf dem Scheitel des Brillen-
glasses senkrecht, in dem sich auch der Koordinatenur-
sprung befindet.

Nachfolgend werden die verschiedenen möglichen Fälle
der Ausbildung eines erfindungsgemäßen Brillenglasses,
nämlich der eines Atorus ohne jegliche Symmetrie, mit
einer oder mit zwei Symmetrieeachsen beschrieben.

Atorus ohne Symmetrien

$z(x, y) = \frac{r^2 c}{1 + \sqrt{1 - (1 + \chi)r^2 c^2}} + \sum_{i=2}^n A_{2i} r^{2i}$	$z:$ Pfeilhöhe be- schrieben durch einen Kegelschnitt mit Zusatzglie- dern
mit :	
$r^2 = x^2 + y^2$	$x, y:$ Koordinaten
$c = c_1 \frac{x^2}{r^2} + c_2 \frac{y^2}{r^2} = c_1 \cos^2 \psi + c_2 \sin^2 \psi$	$c:$ Scheitelkrüm- mung, $c_1, c_2:$ Hauptkrüm- mungen $\psi:$ Azimut
$\chi = \chi(\psi) = \chi_0 + \sum_{k=1}^l (c_k \sin k\psi + d_k \cos k\psi)$	$\chi:$ Kegelschnitt- koeffizient
$A_{2i} = A_{2i}(\psi) = A_{2i,0} + \sum_{j=1}^m (e_{2i,j} \sin j\psi + f_{2i,j} \cos j\psi)$	$A:$ Zusatzglieder

15

Ein weiterer möglicher Ansatz insbesondere für einen
Atorus mit einer Symmetrieebene lautet:

$z(x, y) = \frac{r^2 c}{1 + \sqrt{1 - (1 + \chi)r^2 c^2}}$	z: Pfeilhöhe Kegelschnitt
mit :	
$r^2 = x^2 + y^2$	x, y : Koordinaten
$c = c_1 \frac{x^2}{r^2} + c_2 \frac{y^2}{r^2} = c_1 \cos^2 \psi + c_2 \sin^2 \psi$	c : Scheitelkrümmung, c ₁ , c ₂ : Hauptkrümmungen ψ : Azimut
$\begin{aligned} \chi = \chi(\psi) = & \frac{1}{4}(\chi_1 + \chi_2 + \chi_3 + \chi_4) + \frac{1}{2}(\chi_2 - \chi_4) \sin \psi + \frac{1}{2}(\chi_1 - \chi_3) \cos \psi \\ & + \frac{1}{4}(\chi_1 - \chi_2 + \chi_3 - \chi_4) \cos 2\psi + A_2 \sin 2\psi + \sum_{k=1}^n \{A_{2k+2} \sin(2k+2)\psi \\ & + A_{4k-1} [\sin(4k-1)\psi + \sin \psi] + A_{4k+1} [\sin(4k+1)\psi - \sin \psi] \\ & + B_{4k} (\cos 4k\psi - 1) + B_{4k+2} [\cos(4k+2)\psi - \cos 2\psi] + \\ & B_{2k+1} [\cos(2k+1)\psi - \cos \psi]\} \end{aligned}$	χ : Kegel- schnit- koeffi- zient

Verwendet man einen Atorus mit zwei Symmetrieebenen

$z(x, y) = \frac{r^2 c}{1 + \sqrt{1 - (1 + \chi)r^2 c^2}} + \sum_{i=2}^n I_{2i} r^{2i}$	z: Pfeilhöhe Kegelschnitt mit Zusatz- gliedern
mit :	
$r^2 = x^2 + y^2$	x, y : Koordinaten
$c = c_1 \frac{x^2}{r^2} + c_2 \frac{y^2}{r^2} = c_1 \cos^2 \psi + c_2 \sin^2 \psi$	c : Scheitelkrümmung, c ₁ , c ₂ : Hauptkrümmungen ψ : Azimut
$\begin{aligned} \chi = \chi(\psi) = & \chi_1 \frac{x^2}{r^2} + \chi_2 \frac{y^2}{r^2} + \\ & \sum_{k=1}^l \left[\left(\frac{x^2 - y^2}{r^2} \right) - 1 \right]^k (a_{2k} + a_{2k+1} \frac{x^2 - y^2}{r^2}) \end{aligned}$	χ : Kegelschnittkoeffizient
$\begin{aligned} I_{2i} = & I_{2i,1} \frac{x^2}{r^2} + I_{2i,2} \frac{y^2}{r^2} + \\ & \sum_{j=1}^m \left[\left(\frac{x^2 - y^2}{r^2} \right) - 1 \right]^j (b_{2i,2j} + b_{2i,2j+1} \frac{x^2 - y^2}{r^2}) \end{aligned}$	I: Zusatzglieder

Eine rotationssymmetrische Asphäre kann wie folgt beschrieben werden:

$z(x, y) = \frac{1 - \sqrt{1 - (1 + \chi)r^2 c^2}}{c(1 + \chi)} + \sum_{i=2}^n I_{2i} r^{2i}$	z: Pfeilhöhe Kegelschnitt mit Zusatzgliedern
mit :	
$r^2 = x^2 + y^2$	
x, y : Koordinaten	
c : Scheitelkrümmung,	
χ : Kegelschnittkoeffizient	
I: Zusatzglieder	

5

Das erste Ausführungsbeispiel „Brillenglas Nr. 1“ ist folgendermaßen definiert:

10 Es erfolgt eine Vollkorrektion entlang der vertikalen und horizontalen Richtung.

Bei dem Beispiel ist

die sphärische Verordnung:	sph -4,0 dpt
der Zylinder	zyl +1,0 dpt, und
15 die Achslage	A 0 Grad

Die Vorderfläche ist eine Sphäre mit einer Scheitelkrümmung D = 1,91 dpt

20 Bei der Rückfläche handelt es sich um einen Atorus mit einer Symmetrieebene. Es gelten die folgenden Werte:

n = 2, l = 2, m = 2, c1 = 11,79 dpt, c2 = 9,8 dpt,

25 kappa1	= -0.597189672229962
kappa2	= -5.76097881680865

	a2	= 0.425927329384394D-001
	a3	= 0.444201161488561D-001
	a4	= 0.375517941270927D-001
	a5	= 0.127887663998763D-001
5	I2,1	= -0.151595969823393D-006
	I2,2	= 0.402179174652427D-006
	b2,2	= -0.209816198640939D-006
	b2,3	= -0.634206673176649D-007
	b2,4	= -0.605531339980326D-007
10	b2,5	= -0.794011831309611D-007
	I4,2	= 0.106397999616511D-009
	I4,3	= -0.791028013692852D-011
	b4,2	= -0.315538201137624D-010
	b4,3	= -0.185092513672303D-010
15	b4,4	= -0.263190234501376D-010
	b4,5	= -0.597727612074880D-011

Glasdaten:

Brechzahl = 1,502,
20 Mittendicke = 5,0 mm

Das zweite erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel „Brillenglas Nr. 2“ ist folgendermaßen definiert:

25

Es erfolgt eine Vollkorrektion entlang der vertikalen und horizontalen Richtung.

Verordnung: sph +3,0 dpt
30 zyl +1,0 dpt
A 0 Grad

Vorderfläche: Rotationssymmetrische Asphäre mit

n = 4,

c = 9,52 dpt

5

kappa = 4.33051940778317

I1 = -0.106601181782690D-005

I2 = -0.490037108005607D-010

I3 = -0.626005827177695D-013

10 I4 = -0.188711511368033D-016

Rückfläche: Atorus ohne Symmetrieeen mit

n = 2

15 c1 = 3,7 dpt,

c2 = 1,71 dpt,

kappa1 = -70.5339643507617

kappa2 = -303.892954849129

20 kappa3 = -70.6171394390323

kappa4 = -303.120828002937

A2 = 0.302644555982620

A3 = 0.201377303788072

A4 = -0.177484884515455D-001

25 A5 = -0.360085396588794D-001

A6 = 0.216477702374411D-002

A7 = -0.963938234393784D-001

A8 = -0.822772591258294D-001

B3 = -0.121704657579476D-001

30 B4 = 0.821433018833963D-003

B5 = 0.389643247516801

B6 = -31.7042633523933

B7 = -0.207846272892884

B8 = 12.4332302140801

Glasdaten:

5 Brechzahl = 1,502,

Mittendicke = 4,92 mm

In den Figuren sind der astigmatische Fehler und der
Refraktionsfehler für die beiden Ausführungsbeispiele
10 dargestellt:

Fig. 1a zeigt den astigmatischen Fehler, d.h. die Ab-
weichung des Astigmatismus vom verordneten Astigmatismus
unter Berücksichtigung der Achslage des „Brillen-
15 glasses Nr. 1“. Die Linie stellt die 0,25 dpt Isolinie
dar. Man sieht, daß das Brillenglas fast überall dem
verordneten Werten entspricht, insbesondere entlang der
horizontalen und vertikalen Richtung. Nur in der Peri-
pherie außerhalb der bevorzugten Richtungen treten grö-
20 ßere Abweichungen auf.

Fig. 1b zeigt den Refraktionsfehler, d.h. die Abwei-
chung des mittleren Brechwertes vom verordneten mittle-
ren Brechwert des „Brillenglasses Nr. 1“. Man sieht, daß
25 die Abweichungen überall um den Wert 0 schwanken.

Fig. 2a zeigt den astigmatischer Fehler, d.h. die Ab-
weichung des Astigmatismus vom verordneten Astigmatismus
unter Berücksichtigung der Achslage für das „Bril-
30 lenglasses Nr. 2“. In der horizontalen und vertikalen
Richtung treten keine Abweichungen auf.

Fig. 2b zeigt den Refraktionsfehler, d.h. die Abweichung des mittleren Brechwertes vom verordneten mittleren Brechwert für das „Brillenglases Nr. 2“. Man sieht, daß die Abweichungen überall um den Wert 0 schwanken.

5

Vorstehend ist die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens, wie er sich aus den Ansprüchen und dem allgemeinen Teil der Beschreibung ergibt, beschrieben wor-

10 den.

PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Einstärkenbrillenglas für sphärische Verordnungen, dadurch **gekennzeichnet**, daß wenigstens eine Fläche eine aplanatische Fläche ist, und daß entlang mindestens einer Linie der Refraktionsfehler und der astigmatische Fehler bis zu 10 Blickwinkeln von 40° jeweils kleiner als $\pm 0,15$ dpt ist.
2. Einstärkenbrillenglas für astigmatische Verordnungen, dadurch **gekennzeichnet**, daß wenigstens eine Fläche eine aplanatische Fläche ist, und daß entlang mindestens einer Linie der Refraktionsfehler und der astigmatische Fehler bis zu 15 Blickwinkeln von 40° jeweils kleiner als $\pm 0,15$ dpt und die Abweichung der Achslage von der ver- 20 ordneten Achslage kleiner als 1° ist.
3. Einstärkenbrillenglas nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß wenigstens zwei Linien 25 auf dem Brillenglas vorhanden sind, für die die vorstehenden Bedingungen für den Refraktionsfehler, den astigmatischen Fehler und die Abweichung der Achslage gelten.
- 30 4. Einstärkenbrillenglas nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Abweichungen für

den Refraktionsfehler und den astigmatischen Fehler maximal $\pm 0,09$ dpt betragen.

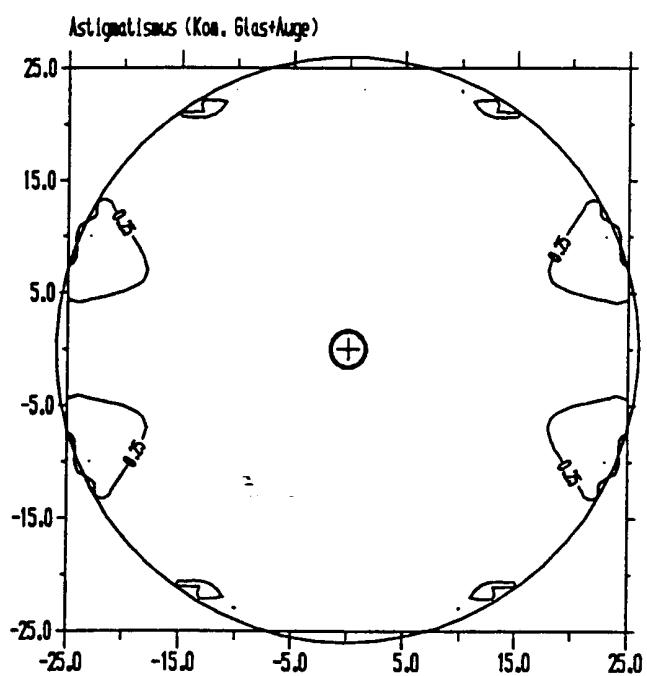
5. Einstärkenbrillenglas nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die zweite Fläche eine rotationssymmetrische asphärische Fläche ist.
10. Einstärkenbrillenglas nach Anspruch 5,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die rotationssymmetrische asphärische Fläche die Vorderfläche ist.
15. Einstärkenbrillenglas nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Linie bzw. die Linien ebene Kurven sind.
20. Einstärkenbrillenglas nach Anspruch 7,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Linien die Hauptschnitte sind.
25. Einstärkenbrillenglas nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch **gekennzeichnet**, daß wenigstens eine der Linien in der Horizontalebene oder der Vertikalebene liegt.
30. Einstärkenbrillenglas nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch **gekennzeichnet**, daß zwei Linien vorhanden sind, die in ihrem Schnittpunkt einen rechten Winkel einschließen.

12. Einstärkenbrillenglas nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die atorische Fläche
5 keine Symmetrieebene hat.

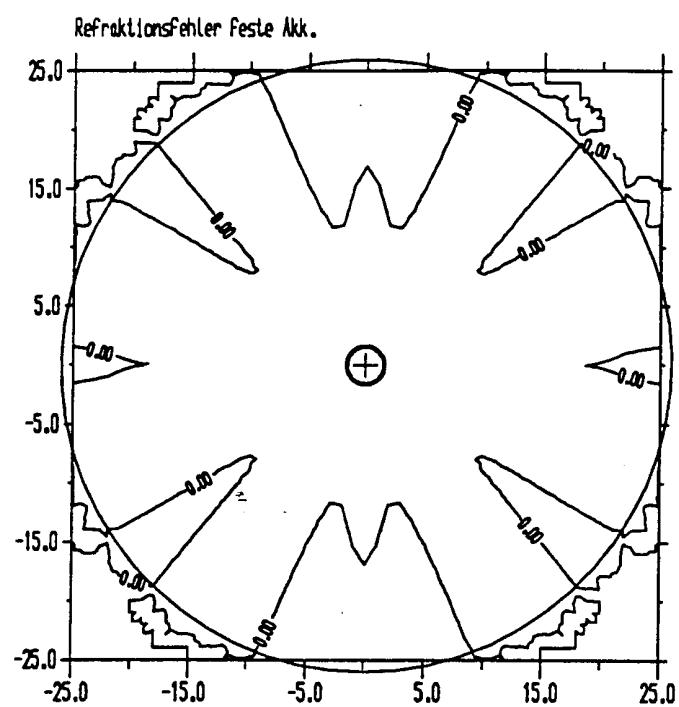
13. Einstärkenbrillenglas nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Pfeilhöhen der
10 Hauptschnitte der atorischen Fläche durch Kegel-
schnitt-Gleichungen mit Zusatzgliedern gegeben
sind.

14. Einstärkenbrillenglas nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Pfeilhöhen der
atorischen Fläche durch Spline-Funktionen gegeben
sind.

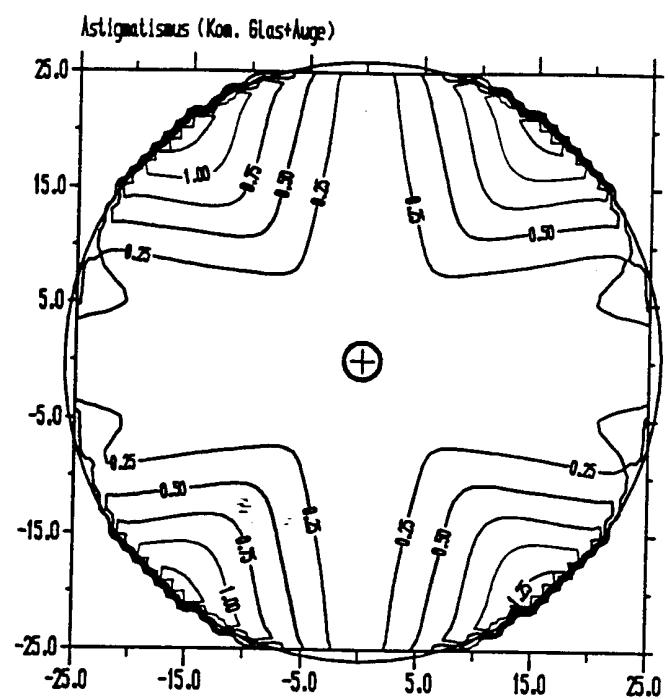
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

