

# Die Entwicklung eines neuen asphärischen Starbrillenglases

## 1. Einleitung

Brillengläser mit asphärisch ausgebildeten optischen Flächen sind seit langem bekannt. Bereits 1908 hat Moritz von Rohr punktuell abbildende Stargläser mit einer asphärischen Vorderfläche berechnet und schon kurze Zeit später wurden diese Gläser gefertigt und unter dem Namen »Katrak« angeboten. Wirkliche Bedeutung erlangten die Asphären aber erst mit der Entwicklung der Computertechnologie, als es mit Hilfe der modernen Rechenverfahren gelang, Oberflächen mit komplexer Geometrie wirtschaftlich herzustellen. Dieser Wandel betrifft zum einen die Entwicklung des Glases, bei der man heute die unterschiedlichen Flächenkonzeptionen mit vertretbarem Zeitaufwand durchrechnen und auf ihre Eignung überprüfen kann, zum anderen die Fertigung der asphärischen Fläche, die von Computern schneller und präziser gesteuert wird als dies früher möglich war. Das neue asphärische Starbrillenglas PERFASTAR ist ein Beispiel dafür, wie sich unter Einsatz von fortschrittlicher Rechen- und Steuerelektronik gezielt Brillengläser mit spezifischen optischen und kosmetischen Vorzügen konstruieren lassen.

## 2. Entwicklung und Fertigung von PERFASTAR

### 2.1. Konzeption

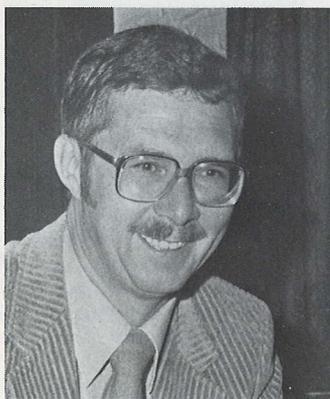
Die Forderungen an ein neues, leistungsfähigeres Starbrillenglas ergeben sich zwangsläufig aus den Eigenschaften eines herkömmlichen sphärischen Starglases. Ein sphärisches Glas mit  $S' = +12.0$  dpt (Abb. 1) wird, um Mittendicke und Gewicht in Grenzen zu halten, im allgemeinen nur bis zu einem maximalen Durchmesser von 55 mm angeboten. Trotzdem ergibt sich eine relativ große Mittendicke von etwa 10 mm und das Gewicht des organischen Glases liegt nur knapp unter 20 g.

Wesentlich für die Beurteilung ist auch die Abbildungsqualität des sphärischen Starbrillenglases: Blickt der Brillenträger seitlich unter

dem Winkel  $\vartheta'_2 = 20^\circ$  gegen die optische Achse durch das Brillenglas, so erreicht er nur noch einen relativen Visus von etwa 0.6. Dieser Sehschärfenverlust ist zum einen auf die Aberrationen »mittlerer Refraktionsfehler  $\Delta R$ « und »Astigmatismus schiefer Bündel  $\Delta S'$ « (siehe Diagramm Abb. 1), zum anderen auf den Farbquerfehler zurückzuführen.

Der Brillenglaskonstrukteur, der nun versucht, durch geeignete asphärische Flächengestaltung ein gegenüber der Sphäre kosmetisch vorteilhafteres Glas mit besseren Abbildungseigenschaften zu entwickeln, muß akzeptieren, daß auf diese Weise der Farbquerfehler praktisch nicht zu beeinflussen ist. Der Farbsaum hängt bekanntlich außer vom Glasmaterial von der prismatischen Wirkung im Durchblickpunkt ab, und diese prismatische Wirkung ändert sich nur unwesentlich durch die asphärische Fläche — zumindest im zentralen Glasbereich. Der Farbquerfehler kann also nur über das Glasmaterial beeinflußt werden. So ist bei der Gestaltung asphärischer Flächen der Verringerung des Refraktionsfehlers und des Astigmatismus die gesamte Aufmerksamkeit zu schenken. Dabei ist zugrunde gelegt, daß die Korrektur der Sehschärfe Vorrang vor einem Abbau der kissenförmigen Verzeichnung besitzt. Ein allgemeiner Hinweis auf die Gestalt der asphärischen Fläche läßt sich unmittelbar aus dem Diagramm in Abb. 1 ablesen. Der Refraktionsfehler, die Abweichung von der Refraktionsrichtigkeit, ist positiv; um diesen Fehler zu reduzieren, muß die asphärische Fläche so konstruiert werden, daß sie im seitlichen Bereich flacher als die entsprechende Sphäre verläuft.

Neben einer optimalen Abbildungsqualität im zentralen Bereich war eine gegenüber herkömmlichen Gläsern verbesserte Orientierung in der Glasperipherie wesentliches Ziel der PERFASTAR-Entwicklung. Basierend auf einem Vorschlag von Welsh, der erstmals in den 70er Jahren im Four-Drop-Brillenglas realisiert wurde, flacht sich die Randzone vom Wirkungsteil nach außen allmählich bis zur prismati-



*Autor dieses Beitrages ist Dipl.-Phys. Werner Köppen, der zum gleichen Thema während des 34. WVAO-Kongresses 1982 in Stuttgart ein Referat gehalten hat. Köppen schloß 1968 sein Physikstudium an der Maximilian-Universität in München erfolgreich ab, war dann mit Forschungsarbeiten bei der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt betraut, bevor er als Labor- und Projektleiter in der chemischen Industrie tätig wurde. Seit 1977 ist er in der Firma Rodenstock tätig, seit 1980 als Leiter der Hauptabteilung »Physiologische Optik«.*

*Co-Autor des Artikels ist Dr. Rudolf Barth. Er schloß 1969 sein Physikstudium mit dem Diplom ab, die Promotion folgte 1972. Im gleichen Jahr begann seine Tätigkeit im Hause Rodenstock. Seit 1975 ist Dr. Barth Leiter der Abteilung »Theoretische Brillenoptik«.*



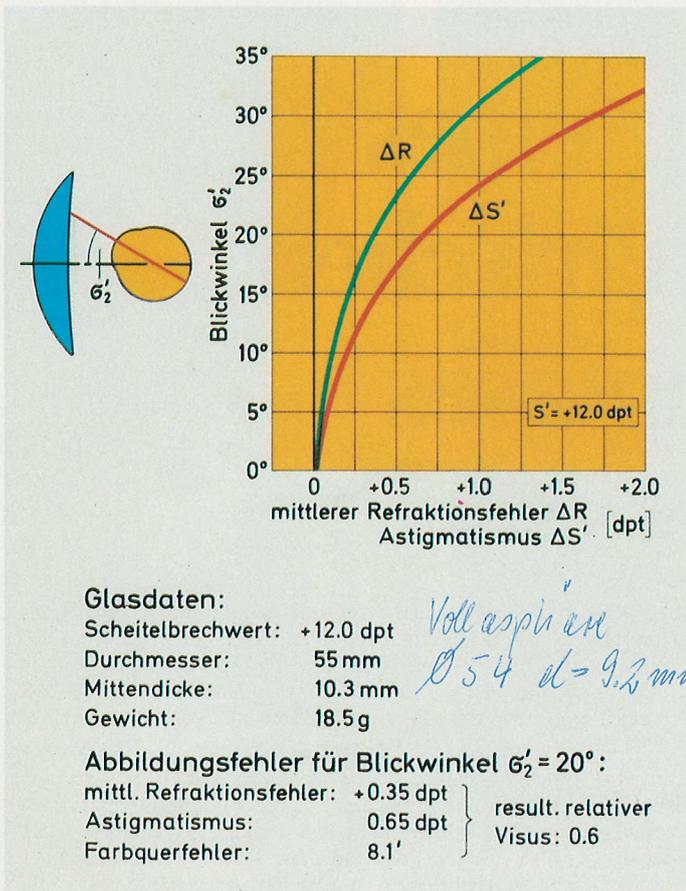


Abb. 1 Sphärisches, organisches Starglas: Glasdaten und Abbildungsfehler

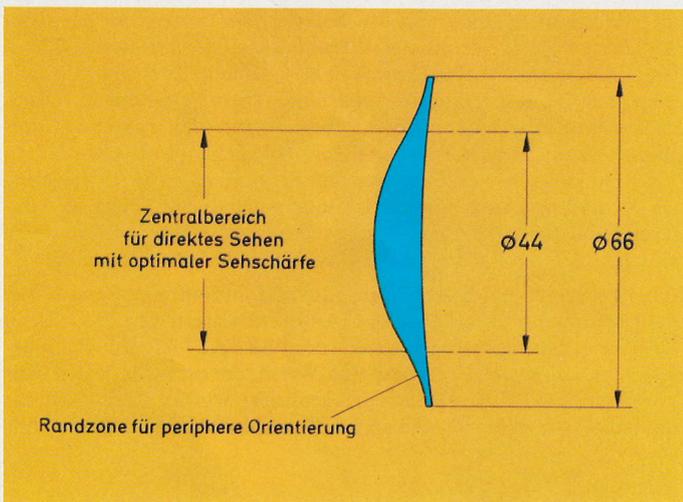


Abb. 2 Optischer Aufbau des asphärischen Starglases PERFASTAR

schen Wirkung Null ab (Abb. 2). Damit gelingt es, das sogenannte Ringskotom der Starbrillengläser, das ist der ringförmige Gesichtsfeldausfall, der am Rand des Vollsichtglases bzw. am Übergang Wirkungsteil/Tragrand beim Lentikular auftritt, auszuschalten (Abb. 3). Der weitere Vorzug dieser speziellen Randgestaltung ist offensichtlich kosmetischer Natur: Das Glas ist ähnlich dünn wie ein Tragrandglas und wirkt kosmetisch günstig wie ein Vollsichtglas. Wegen seiner relativ geringen Dicke kann es mit einem für ein Starglas großen Durchmesser gefertigt werden, beispielsweise 66 mm.

## 2.2. Flächenkonstruktion

Bei der Gestaltung von asphärischen Flächen für Stargläser ist für

den zentralen Bereich um den optischen Mittelpunkt die Optimierung der Abbildungsqualität maßgebend. Je nach Glastype sind bislang verschiedene spezifische Gestaltungskriterien bekannt geworden: Im allgemeinen versucht man den Astigmatismus oder den Refraktionsfehler möglichst klein zu halten oder, um ein spezielles Beispiel zu nennen, es soll der tangentielle Brechkraftfehler einen bestimmten Grenzwert nicht übersteigen. Alle diese Kriterien sollen letztlich bewirken, daß der Brillenträger besser sieht. Was also liegt näher, als die Sehschärfe selbst als Optimierungsmaßstab zu benutzen. Diesen Weg haben wir bei der Entwicklung von PERFASTAR beschritten.

Dazu war es zuerst erforderlich, empirisch zu untersuchen, wie die Sehschärfe von Refraktionsfehler, Astigmatismus und Farbsaum abhängt. So wurden diese Abbildungsfehler mit Probiergläsern »simuliert«, die in definierter Weise in verschiedenen Kombinationen von Sphäre, Zylinder und Prisma den auf den Visus 1.0 korrigierten Versuchspersonen vor die Augen gesetzt wurden. Die Auswirkung der Aberrationen auf die Sehschärfe haben wir festgehalten und in einer mathematischen Formel zusammengefaßt (Abb. 4). Überprüft wurde die Gültigkeit der Formel mit einem Fernrohrsystem, wie es Reiner [1] zur Ermittlung des Visus beim Sehen durch Korrektionsgläser vorgeschlagen hat. Innerhalb eines Toleranzbereichs von  $\pm 5\%$  beschreibt die Formel die Verhältnisse der Praxis.

Hiermit war die Basis geschaffen, die asphärische Fläche im zentralen Bereich so zu gestalten, daß der Visus in dieser Zone möglichst groß wird. Wie bereits unter 2.1. erwähnt, muß die Fläche von der optischen Mitte nach außen hin flacher verlaufen. So setzt man als erste Näherung für den Meridianschnitt der Rotationsfläche die Gleichung eines Kegelschnitts (Ellipse, Hyperbel oder Parabel) an, der nach außen zunehmend flacher wird (Abb. 5). Im Sinne einer optischen Feinkorrektur enthält der mathematische Ansatz für die Fläche noch Glieder höherer Ordnung. Die noch unbestimmten Koeffizienten  $\kappa, I_3, \dots, I_n$  dieser Formel haben wir mit Hilfe numerischer Rechenverfahren nun so festgelegt, daß der Visus im Blickwinkelbereich  $0^\circ$  bis  $30^\circ$

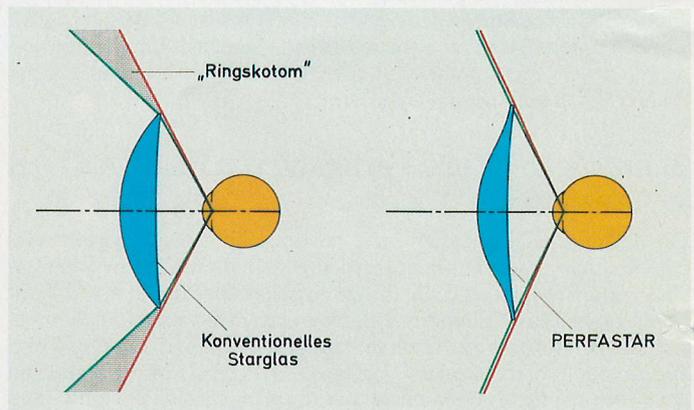


Abb. 3 Gesichtsfeld bei verschiedenen Stargläsern links: Vollsichtglas mit »Ringskotom« rechts: Kein Gesichtsfeldausfall bei PERFASTAR durch spezielle Randgestaltung

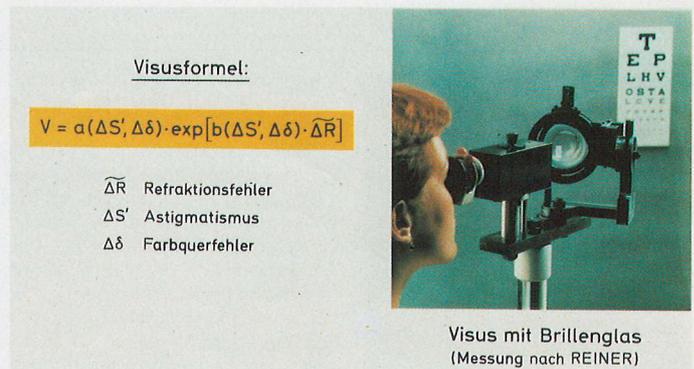


Abb. 4 Sehschärfe mit Brillenglas in Abhängigkeit von den Abbildungsfehlern links: Empirische Visusformel rechts: Fernrohrsystem zur Sehschärfenmessung

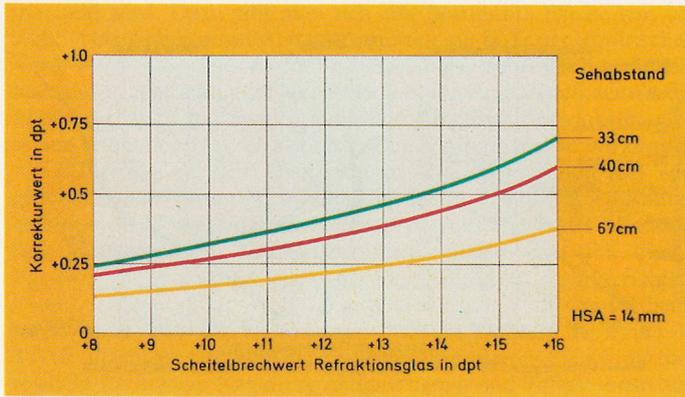


Abb. 13 Meßkorrektur zur Verstärkung der Wirkung bei Verwendung von PERFASTAR als Nahglas

#### 4.2. Zentrierung

Für die Starbrillengläser mit ihren hohen Wirkungen ist eine präzise Zentrierung unbedingte Voraussetzung für ein beschwerdefreies Sehen mit hoher Sehschärfe. Dies bedeutet zum einen exaktes Einhalten der PD bei der Seitenzentrierung sowie zum anderen eine sorgsame Höhenzentrierung (Abb. 14 unten). Für die Höhenzentrierung ist die Berücksichtigung der Augendrehpunktsforderung anzuraten, d.h. die optische Achse des Glases soll durch den Augendrehpunkt gehen. Würde der Anpasser nämlich nach der Bezugspunktsforderung vorgehen, also die optische Mitte in Höhe Nullblickrichtung legen, so würde der Brillenträger wegen der Inklination der Fassung schräg durch das Brillenglas sehen. Dadurch wird die Abbildung durch Astigmatismus schiefer Bündel beeinträchtigt. Für schwache bis mittlere Wirkungen ist dieser Astigmatismusbetrag vernachlässigbar, so daß für diese Gläser die Zentrierung nach der Bezugspunktsforderung durchaus vernünftig und üblich ist; für ein Glas der Wirkung +12.0 dpt beträgt der Astigmatismus jedoch 0.5 dpt und verschlechtert bereits spürbar die Sehschärfe. Der Astigmatismus wird zu Null, wenn der Brillenträger längs der optischen Achse durch das Glas blickt. Dazu muß die optische Achse durch den Augendrehpunkt gehen, und dies wird erreicht, indem man das Glas entsprechend der Inklination der Fassung gegenüber der Nullblickrichtung um die Strecke  $v$  nach unten dezentriert. Beträgt die Vorneigung der Fassung beispielsweise  $10^\circ$ , so ergibt sich bei einem HSA von 14 mm eine Dezentration  $v$  des Glases um 6,5 mm, um die man das Glas nach unten dezentrieren muß, damit der optimale Visus im zentralen Bereich erzielt wird.

#### 5. Ausblick

Es ist interessant festzustellen, daß gerade bei den asphärischen Flächen die Zentrierung des Glases von besonderer Bedeutung ist. Für die Stargläser hat dies der vorangegangene Abschnitt gezeigt und im besonderen Maße gilt dies für die nicht-drehsymmetrischen Asphären, die Progressivgläser. So gewinnt durch die fortschrittlichen Entwicklungen auf dem Gebiet der asphärischen Brillengläser die Arbeit des Augenoptikers an zusätzlicher Bedeutung und seine Position als Fachmann für das Brillenglas und seine Anpassung wird gestärkt. Durch die modernen Glastypen kann er den Kunden heute individueller beraten als früher; darüber hinaus ist die Darstellung der komplexen physiologisch-technischen Zusammenhänge im Verkaufsgespräch eine Hilfe im Bemühen, die Leistung des Augenoptikers nach außen transparent zu machen.

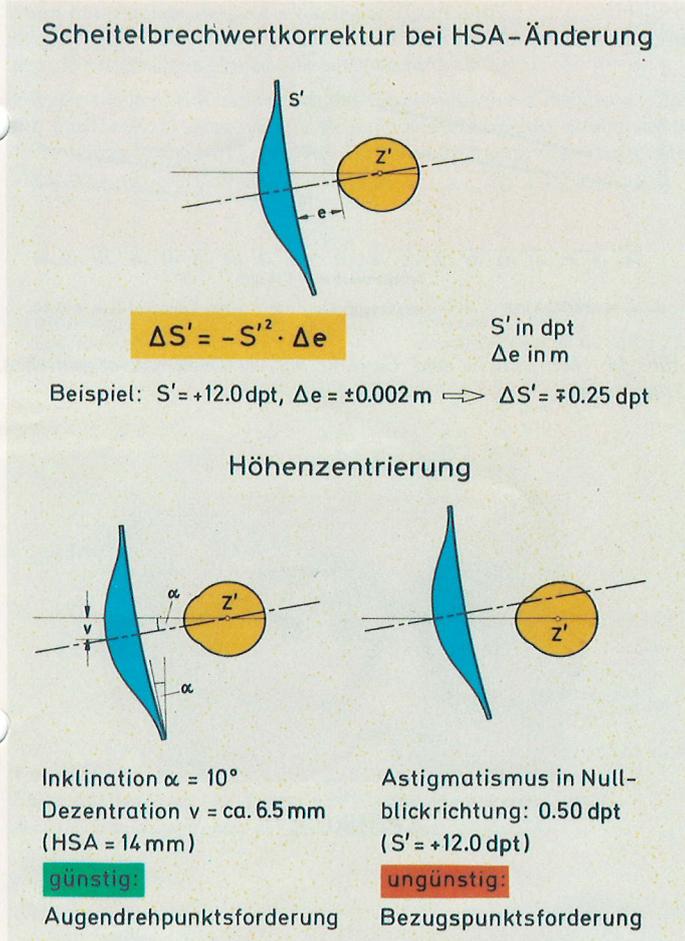


Abb. 14 Zur Anpassung von Starbrillengläsern  
oben: Scheitelbrechwertkorrektur bei HSA-Änderung  
unten: Höhenzentrierung

Bei der Bestimmung der Wirkung sollte auch berücksichtigt werden, ob bei der anzufertigenden Brille der Hornhautscheitelabstand gegenüber dem Refraktionsfall wesentlich verändert ist. Nach der in Abb. 14 oben wiedergegebenen Formel errechnet sich, daß eine Änderung des HSA von 2 mm bei der Wirkung +12.0 dpt bereits eine Abweichung von 0.25 dpt von der Vollkorrektur bewirkt. Vergrößert sich der HSA gegenüber der Refraktion, so ist der Scheitelbrechwert bei der Bestellung um diesen Betrag abzuschwächen, verkleinert sich der HSA, so muß die Wirkung vergrößert werden.

#### Literatur

- [1] Reiner, J.: Prüfung der Mehrstärken-Kontaktlinsen, Klin. Monatsblätter f. Augenhk. 149, 1966, 556-559