

Sonderdruck
aus der Fachzeitschrift „der Augenoptiker“, Heft 4/1980
Verlag Willy Schrickel, Düsseldorf

Progressive Brillengläser der neuen Generation – Progressiv Perfalit

Dipl. Phys. Werner Köppen, München

Progressive Brillengläser der neuen Generation –

Progressiv Perfalit

Zur Zeit gibt es wohl keinen Brillenglastyp, bei dem die Interpretation der Eigenschaften eine solche Bedeutung besitzt wie bei den Gläsern mit progressiver Wirkung. Der komplexe Aufbau progressiver Gläser erfordert es, die charakteristischen Merkmale der unterschiedlichen Konzeptionen deutlich hervorzuheben und eingehend zu behandeln. Gleitsichtgläser der neuen Generation, so werden heute häufig die marktbedeutenden Progressivgläser in den Informationsschriften und Fachanzeigen bezeichnet. Es läßt sich darüber diskutieren, inwieweit es sinnvoll ist, zusätzlich zwischen Gläsern der 2. oder 3. Generation zu differenzieren. Sicher ist jedoch, daß sich die heute bekannten Gleitsichtgläser von den ersten Konstruktionen durch ein gemeinsames Merkmal abheben, den Abbau der peripheren Verzerrungen. Bevor näher auf dieses Charakteristikum der Gläser der neuen Generation eingegangen wird, sollen allgemein Aufbau und typische Eigenschaften eines Progressiv-Brillenglases besprochen werden.

1. Aufbau und spezifische Eigenschaften von Progressivgläsern

Jedes Progressivglas wird so angepaßt, daß der sogenannte Hauptmeridian des Glases entsprechend der Konvergenz des Augenpaares bei der Naheinstellung verläuft. Längs dieses Meridians muß vom Fern- zum Nahteil die optische Wirkung, und damit die Flächenkrümmung, stetig zunehmen. Durch eine einfache Konstruktion läßt sich aus einem Hilfskreis ein Hauptmeridian des gewünschten Verlaufs gewinnen (Abb. 1). Durch die sogenannte Abwicklung dieses Kreises ergibt sich die Kreisevolvente, ein Kurvenzug mit kontinuierlich zunehmender Krümmung*.

Naheliegenderweise wird man von der progressiven Fläche fordern, daß sie längs des Hauptmeridians frei von astigmatischen Abbildungsfehlern ist. Ein solcher Hauptmeridian wird als Nabelpunktlinie bzw. ombilische Linie bezeichnet. Diese Bedingung be-

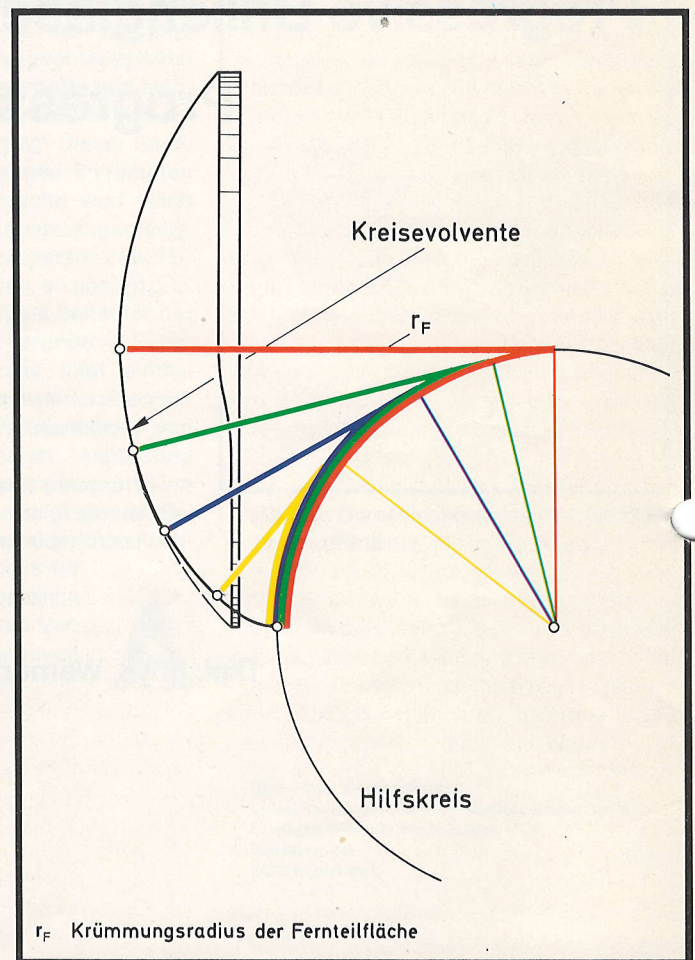


Abb. 1: Progressiver Hauptmeridian durch Abwicklung eines Kreises (Kreisevolvente)

*) Der Kreis in Abb. 1 bestehe aus flexiblem Material und werde seitlich aufgeschnitten. Biegt man den Kreisbogen allmählich gerade – entsprechend den verschiedenfarbigen Abschnitten – so beschreibt der Endpunkt des Bogens die Evolvente.

deutet, daß die progressive Fläche in einem engen Nachbarbereich um den Meridian sphärisch ist, d.h. die Krümmung senkrecht zum Hauptmeridian ist gleich der in Richtung des Meridians. Im einfachsten Fall läßt sich dies dadurch erfüllen, daß die Flächenschnitte senkrecht zur Nabelpunktlinie Kreise sind, deren Radien jeweils gleich dem Krümmungsradius r_H des Hauptmeridians in den Schnittstellen sind (Abb. 2). Es ergibt sich so eine glatte, stetige Fläche mit progressiver Wirkung, die in der unmittelbaren Umgebung des Hauptmeridians frei von Aberrationen ist. Wie verhält es sich aber mit der Abbildungsgüte in den peripheren Bereichen der progressiven Fläche?

In Abb. 2 sind 1 und 2 zwei eng benachbarte Punkte des Hauptmeridians; mit der optischen Wirkung nimmt von 1 nach 2 auch die Kurvenkrümmung stetig zu. Entsprechend ist auch die kreisförmige Schnittkurve durch 2 stärker gekrümmt als der Kreis durch 1. 1' und 2' sind zwei Flächenpunkte seitlich des Hauptmeridians.* Blickt man von oben auf die Schnittkurven (Abb. 2 rechts), so ist unmittelbar einsichtig, daß die Verbindung 1'-2' einen anderen Krümmungsverlauf haben muß als der Hauptmeridian. Dies heißt jedoch, daß in 1' und 2' die Krümmungen in Richtung des Flächenschnitts und vertikal dazu im allgemeinen verschieden sind. Die Flächenelemente seitlich der Nabellinie sind also nicht sphärisch, sondern torisch; d.h. die Abbildung wird in diesen Bereichen durch Flächenastigmatismus beeinträchtigt. Betrachtet man die Verhältnisse für die weiter außen liegenden Punkte 1'' und 2'', so wird deutlich, daß der Flächenastigmatismus um so größer wird, je weiter die Punkte vom Hauptmeridian entfernt sind.

Die Achsen des peripheren Astigmatismus liegen im allgemeinen schief. Durch die seitlichen Glasbereiche erscheinen somit dem Brillenträger waagerechte und senkrechte Linien verkippt und verbogen abgebildet. Diese Erscheinung, die man als schräge Verzeichnung bzw. Distorsion bezeichnet, läßt sich gut durch die bekannten Rasteraufnahmen veranschaulichen (Abb. 3). Da die vertikalen Konturen z.B. in der rechten Hälfte des Brillenglases nach links geneigt abgebildet werden, in der linken Hälfte dagegen nach rechts geneigt, scheint für den Brillenträger bei Blick- und besonders bei Kopfbewegungen die Umgebung zu schwanken oder zu schwimmen (Abb. 4). Diese Schaukelbewegungen beim dynamischen Sehen sind wohl hauptsächlich verantwortlich dafür, daß Gewöhnung und Verträglichkeit von progressiven Gläsern nicht immer unproblematisch sind. Dies gilt vornehmlich für die ersten Konzeptionen von Gleitsichtgläsern, für die die oben beschriebene Ausführung ein typisches Beispiel darstellt.

* Der Kurvenabschnitt 1'-2' ist auf der Fläche die kürzeste Verbindung zwischen 1' und dem Flächenschnitt durch 2.

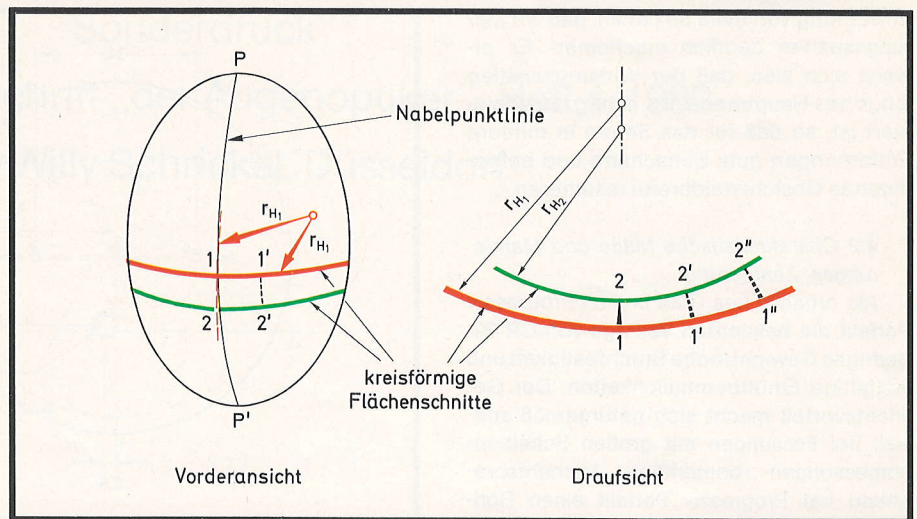


Abb. 2: Zur Erklärung des Astigmatismus im peripheren Bereich der progressiven Fläche

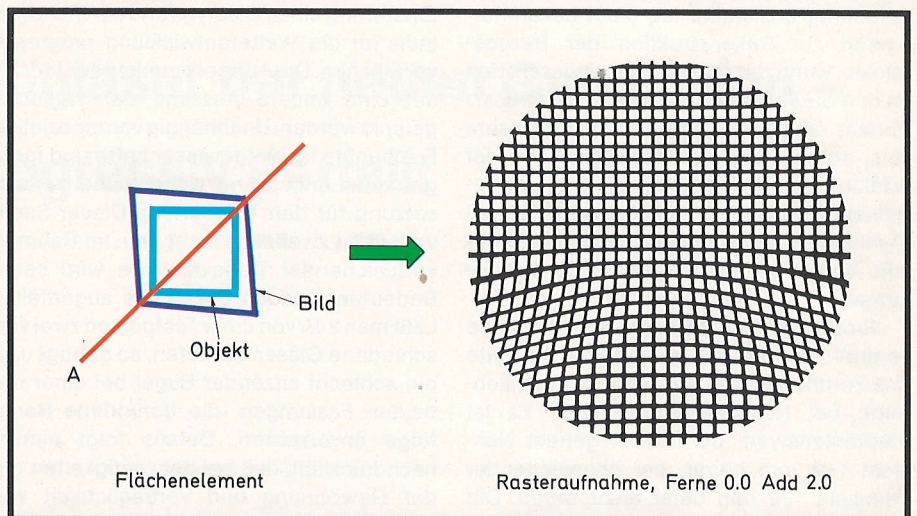


Abb. 3: Schräge Verzeichnung durch schiefen Astigmatismus der progressiven Fläche

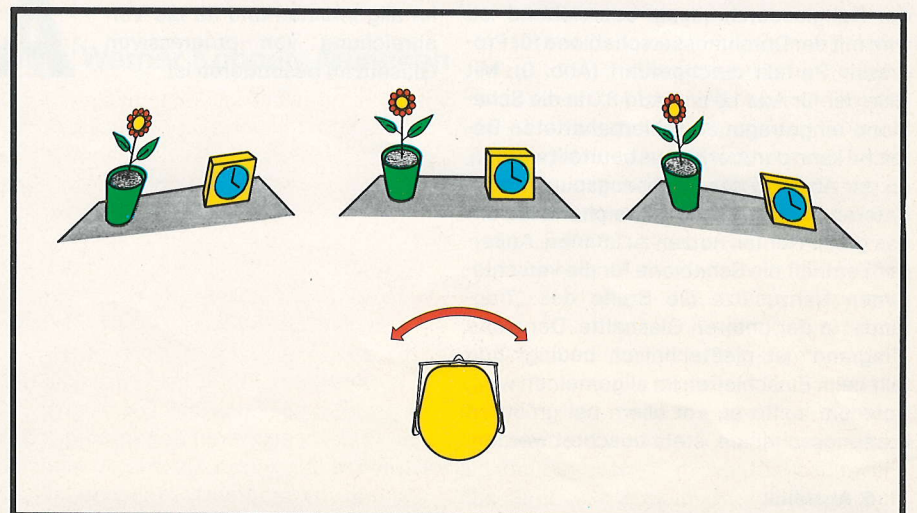


Abb. 4: Schaukeln des Seheindrucks im peripheren Bereich von Progressivgläsern bei Kopfbewegungen

2. Konstruktive Methoden zur Verringerung der Verzerrungen

Im folgenden werden die konstruktiven Möglichkeiten diskutiert, mit denen man, ausgehend von den Gläsern der 1. Generation, die periphere Verzeichnung abbauen und damit den Sehkomfort des Brillenträgers erhöhen kann.

Zur Diskussion des ersten Lösungswegs gehen wir von dem in Abb. 2 schematisch dargestellten Progressivglas aus: Verlängert man die Progressionszone, so verringert sich der Wirkungsanstieg zwischen den auf der Glasoberfläche festen Punkten 1 und 2. Damit wird gleichzeitig der Krümmungsunterschied zwischen den durch 1 und 2 gehenden kreisförmigen Schnittkurven geringer und der 1' und 2' verbindende Kurvenzug weicht weniger vom Hauptmeridian ab als vorher. Dies bedeutet, daß der für die Verzeichnung verantwortliche seitliche Astigmatismus reduziert wird. Läßt man also die optische Wirkung vom Fern- zum Nahteil relativ langsam ansteigen, so wächst auch der periphere Astigmatismus nur allmählich an. Es ergibt sich ein breiter Progressionskorridor und die Distorsion bleibt sehr gering. In der unmittelbaren Umgebung eines als Nabellinie ausgebildeten Hauptmeridians läßt sich dieser Sachverhalt mathematisch exakt fassen, unabhängig von dem speziellen Aufbau der progressiven Fläche [1]. Mit der Verlängerung der Progressionszone erstrecken sich jedoch die Abbildungsfehler über einen größeren Flächenabschnitt des Brillenglases. So führt dieses Vorgehen, die Distorsion abzubauen, zwangsläufig zu einer Verkleinerung der absolut fehlerfreien Sehbereiche für Ferne und Nähe. Da für den Brillenträger jedoch in den wichtigen Fern- und Nahsehbereichen ausgedehnte Gesichts- und Blickfelder mit hohem Visus erforderlich sind, ist es nur begrenzt möglich, die Aberrationszonen auszudehnen.

So muß in erster Linie der zweite Lösungsweg genutzt werden: Es wird angestrebt, durch eine gegenüber ersten Gläserkonzeptionen geeignetere und damit zwangsläufig komplexere Flächengestaltung die Distorsion zu beschränken. Das vorrangige Kriterium für die Beurteilung neu entwickelter progressiver Flächen ist der Betrag des peripheren Astigmatismus, d. h. die Höhe des Astigmatismusgebirges. Wird der Astigmatismusbetrag verkleinert, so bedeutet dies eine generelle Verringerung der Verzeichnung, unabhängig von der Achslage des Flächenastigmatismus. Abb. 5 zeigt noch einmal das Glas der 1. Generation: Die Schnittkurven der Fläche mit den zum Hauptmeridian senkrechten Ebenen sind Kreise.

*) In 2 selbst muß die Krümmung des Flächenschnitts gleich bleiben, da der Hauptmeridian eine Nabelpunktlinie ist.

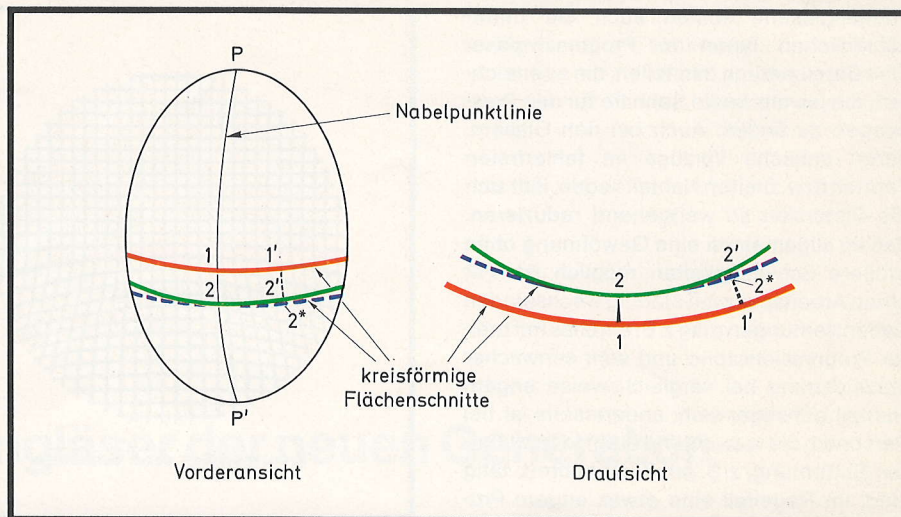


Abb. 5: Verringerung des Astigmatismus im Progressionsbereich durch geeignet gekrümmte Flächenschnitte

durch 2–2*, so wird das Kurvenstück 1'–2* im Krümmungsverlauf besser dem Hauptmeridian entsprechen als vorher der Abschnitt 1'–2'. Dies ist gleichbedeutend mit einer Abnahme des Astigmatismus. Flächenschnitte, die einen solchen Verlauf zeigen, sind beispielsweise Kegelschnitte, also Ellipsen, Hyperbeln und Parabeln oder auch andere komplex aufgebaute Funktionen.

Von der Orientierung des peripheren Astigmatismus ist zu fordern, daß sich die Achslage von Flächenpunkt zu Flächenpunkt nur langsam und stetig ändert. Durch den schiefen Astigmatismus im peripheren Glasbereich erscheinen, wie bereits erläutert, horizontale und vertikale Konturen verkippt. Auch bei geraden Achslagen, d. h. bei den Achslagen 0° und 90°, werden die Objektdimensionen verzerrt abgebildet, jedoch bleiben Waagerechte und Senkrechte in ihrer Orientierung erhalten, aus einem Quadrat z. B. wird ein Rechteck. Die progressive Fläche so zu gestalten, daß die Achsen des Astigmatismus weitgehend auf 0° bzw. 90° ausgerichtet sind, läßt sich jedoch erst in weiter außen liegenden Flächenzonen verwirklichen. In der Umgebung der Nabelpunktlinie ergibt sich prinzipiell ein Abschnitt mit schiefer Astigmatismus, so daß bei stetiger Änderung der Achsorientierung erst in größerem Abstand vom Hauptmeridian annähernd gerade Achslagen möglich werden.

3. Unterschiedliche Konzeptionen von Progressiv-Brillengläsern

Es bieten sich demnach verschiedene Ansatzpunkte, um die störenden Verzerrungen in den peripheren Zonen progressiver Gläser zu begrenzen. Durch geeignete Gestaltung der progressiven Fläche läßt sich der Gesamtbetrag des Flächenastigmatismus reduzieren und innerhalb bestimmter Grenzen eine günstige Orientierung der Zylind-

derachsen erzielen. Weiter verringert wird die Verzeichnung, wenn die Abbildungsfehler über eine größere Fläche des Glases verteilt werden. Wie bereits erwähnt, führt dies zu einer Verkleinerung der fehlerfreien Fern- und Nahsehbereiche. So müssen die Aberrationen auf bestimmte Zonen des Glases beschränkt bleiben, deren Größe durch die Anforderungen bestimmt ist, die der Konstrukteur des Glases an die optischen Eigenschaften seines Produktes stellt. Erstreckt sich z. B. der Astigmatismus über eine große Fläche des Brillenglases, so sind leichte Gewöhnung und gute Verträglichkeit die Folge, doch die Bereiche für das Sehen in Ferne und Nähe mit hohem Visus werden eingeschränkt. Soll umgekehrt das Fernfeld weitgehend fehlerfrei und das Nahfeld ausgedehnt sein, so wird gegenüber der eben besprochenen Konstruktion die Progressionszone kürzer, wodurch der Flächenastigmatismus steiler ansteigt und der Sehschlag enger wird.

Jeder Gleitsichtgläserkonzeption liegt somit eine Prioritätenliste zugrunde, die den verschiedenen optischen Eigenschaften eine Wertigkeit zuordnet. Eine solche Bewertung läßt sich verständlicherweise nicht in jeder Hinsicht streng objektiv durchführen, sondern wird auch subjektiven Einflüssen unterliegen. Sicher wird jeder Fachmann von einem Gleitsichtglas sowohl gute Verträglichkeit wie hohe Sehschärfe für alle Entfernungen fordern. Bei der Aufstellung einer Rangfolge dieser Merkmale werden sich jedoch wahrscheinlich unterschiedliche individuelle Schwerpunkte ergeben. Entsprechend finden sich bei den heutigen Ausführungen von Progressivgläsern alternative Konzeptionen, die die Kriterien Nah- und Fernfeld, Progressionszone, Gewöhnung und Verträglichkeit unterschiedlich einstufen. Es ist sicherlich nicht sinnvoll zu versuchen, in der einen oder anderen Lösung das ideale Gleitsichtglas zu sehen; ähnlich wie die Vielzahl verschiedener Ausführungsformen von verschmolzenen Mehr-

stärkengläsern, sollten auch die unterschiedlichen Typen der Progressivgläser eine Bereicherung darstellen, die es erleichtert, die jeweils beste Sehhilfe für den Presbyopen zu finden. Auch bei den Gläsern, deren optische Vorzüge im fehlerfreien Fernteil bzw. breiten Nahteil liegen, läßt sich die Distorsion so weitgehend reduzieren, daß im allgemeinen eine Gewöhnung ohne größere Schwierigkeiten möglich ist. Für einen Arbeitsplatz mit ständig wechselnden Sehentfernungen mag z. B. ein Glas mit breiter Progressionszone und sehr schwacher Verzeichnung bei vergleichsweise engem Nahteil günstiger sein; andererseits ist bei Personen, die vorwiegend in einer bestimmten Entfernung, z. B. am Zeichenbrett, tätig sind, im Regelfall eine etwas engere Progressionszone durchaus ausreichend, wenn er dadurch den Vorteil eines breiten Nahteils erhält. So gehört es mit zur Aufgabe des Augenoptikers, in speziellen Fällen einen bestimmten Glastype zu wählen; mit den Gläsern der 2. Generation wird man jedoch meistens unabhängig vom Glastype befriedigende Ergebnisse erzielen können.

In diesem Zusammenhang soll noch einmal auf die Bedeutung abbildungsfehlerfreier Fern- und Nahsehbereiche hingewiesen werden. Zweifellos wird eine besonders geringe Distorsion und eine breite Progressionszone die Gewöhnung erleichtern und die erste Beurteilung durch den Kunden positiv beeinflussen, dies wird jedoch mit einer Einengung des Fern- und Nahteils erkauft. Gerade ein fehlerfreies Fernteil ist jedoch wegen der für die Ferne im allgemeinen hohen Sehanforderungen von wesentlicher Bedeutung.

Das progressive Brillenglas, das bezüglich seiner optischen Eigenschaften frei von Einschränkungen ist, kann es somit nicht geben. Es wird sich bei jeder Ausführung in gewissem Umfang um einen Kompromiß handeln, der einen mehr oder weniger grossen Teil der Fälle der Praxis befriedigt. Von dieser Aussage unberührt bleibt natürlich der Spielraum für Neuentwicklungen, um durch besonders günstige Flächengestaltung die Zugeständnisse, die bei einem Kompromiß zu machen sind, zu minimieren. Den heute auf dem Markt erfolgreichen Gleitsichtgläsern ist gemeinsam, daß der Hauptmeridian als Nabelpunktlinie ausgebildet ist und daß die Distorsion in den peripheren Glasbereichen, wenn auch unterschiedlich stark, gegenüber Gläsern der 1. Generation deutlich verringert ist. So besitzen die verschiedenen Konstruktionen alle den Charakter eines echten Progressiv-Brillenglases, unterscheiden sich jedoch hinsichtlich des Gewichts, mit der die für den Brillenträger bedeutsamen Eigenschaften bewertet werden.

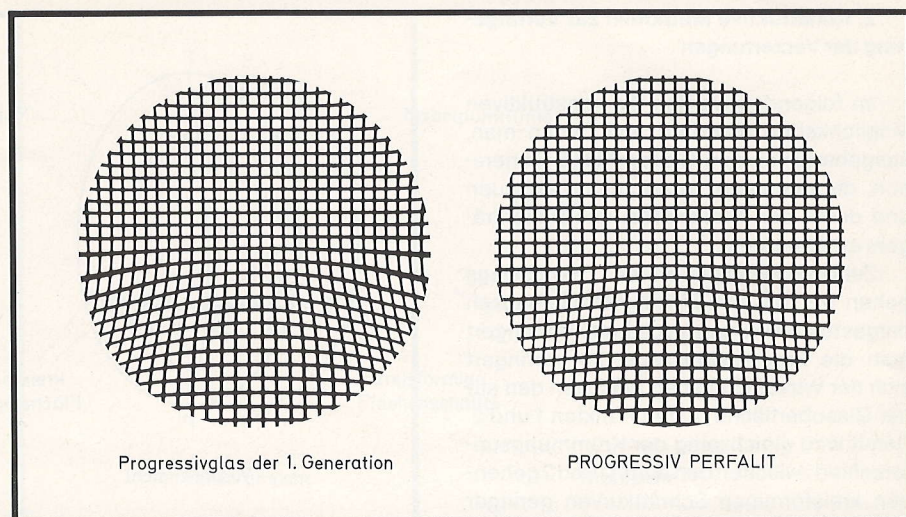


Abb. 6: Verzeichnung eines Gitterrasters durch die progressive Fläche Ferne 0,0 Add 2,0

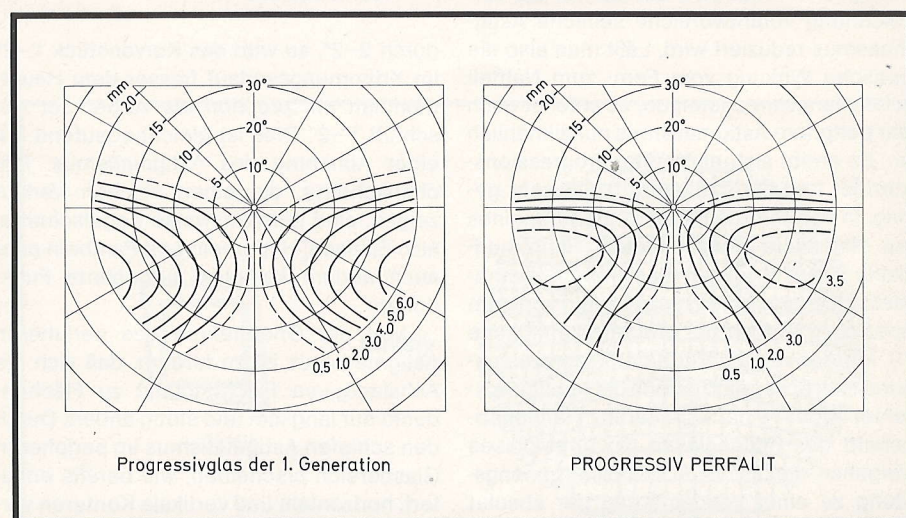


Abb. 7: Linien mit konstantem Astigmatismus (Isoastigmatismen) Ferne 0,0 Add 2,0

4. Progressiv Perfalit

4.1 Optische Eigenschaften

Abb. 6 zeigt die Abbildung eines Gitterrasters durch Progressiv Perfalit Add 2,0. Der Vergleich mit dem älteren, einfacher aufgebauten Glastype läßt deutlich werden, wie gut es gelungen ist, die Verzeichnung im peripheren Glasbereich zu reduzieren. Bei der Beurteilung von Rasteraufnahmen ist zu berücksichtigen, daß der Strahlengang bei der Fotografie nicht identisch ist mit dem beim Brillenträger, so daß hier nicht unmittelbar der Seheindruck wiedergegeben wird. Nichtsdestoweniger sind Rasteraufnahmen ein geeignetes Mittel, um beim Vergleich von Progressivgläsern unterschiedliche Abbildungseigenschaften zu demonstrieren. Die geringe Distorsion von Progressiv Perfalit läßt sich vornehmlich durch den Abbau des Astigmatismusbetrags in der Peripherie des Glases erklären. Die Verteilung der Linien mit konstanter astigmatischer Wirkung in Abb. 7 veranschaulicht, daß Betrag wie auch Anstieg des Astigmatismus merklich geringer sind als

beim Glas der 1. Generation.

Der Flächenaufbau von Progressiv Perfalit ist symmetrisch, die Anpassung an das rechte bzw. linke Auge erfolgt durch eine Nahteilschwenkung um 10° nach innen. Besonderer Wert wurde auf große fehlerfreie Fern- und Nahsichtbereiche gelegt, wie die Verteilung der Isoastigmatismenlinien in Abb. 7 deutlich macht. Die Fehlerkurven reichen nur wenig über die Glashorizontale in das Fernteil hinein und verschwinden durch die Nahteilschwenkung vollständig im temporalen Bereich. Dadurch ist dieser für das orientierende Sehen bedeutsame Abschnitt des Brillenglases frei von Aberrationen. Die Breite des Nahteils läßt sich dadurch beschreiben, daß bei Add 2,0 in normalem Leseabstand etwa 4 Zeitungsspalten gleichzeitig scharf gesehen werden können. Die Progressionszone besitzt eine Länge von etwa 12 mm. Bei Trageversuchen, die wir mit Progressiv Perfalit durchgeführt haben, wurde die Sehschärfe in die Zwischenentfernungen mit sehr gut bis gute eingestuft. Bezüglich der Breite des Zwischenteils gaben die Testpersonen für Add 2,0 und eine

Entfernung von etwa 80 cm an, daß $3\frac{1}{2}$ Zeitungsspalten deutlich erscheinen. Es erweist sich also, daß der Wirkungsanstieg längs des Hauptmeridians richtig dimensioniert ist, so daß für das Sehen in mittlere Entfernungen gute Sehschärfe und befriedigende Gesichtsfeldbreite resultieren.

4.2 Charakteristische Maße und Markierungen; Zentrierung

Als organisches Glas besitzt Progressiv Perfalt die bekannten Vorzüge von CR 39: geringes Gewicht, hohe Bruchfestigkeit und vielfältige Einfärbemöglichkeiten. Der Gewichtsvorteil macht sich naturgemäß speziell bei Fassungen mit großen Scheibenabmessungen bemerkbar. Dementsprechend hat Progressiv Perfalt einen Rohglasdurchmesser von 74 mm, mit dem sich solche Fassungen im allgemeinen problemlos verglasen lassen. Abb. 8 zeigt das rohkantige Glas mit der gelben Aufstempelung, mit der es ausgeliefert wird. Die permanente Markierung, die bei normaler Beleuchtung unsichtbar ist, dient bekanntermaßen zur Rekonstruktion der Bezugspunkte, wenn das Glas bereits eingeschliffen ist und die Aufstempelung fehlt. Progressiv Perfalt erhält ein Dickenreduktionsprisma B. u., dessen Größe ausschließlich von der Addition abhängt. Neben der Gewichtsreduktion ergibt sich dadurch eine im Fernteil verringerte, gleichmäßige Randdicke, sehr zum Vorteil bei schmalrandigen Brillenfassungen.

Progressiv Perfalt sollte so zum Auge zentriert werden, daß im Regelfall die Mitte des Zentriertkreuzes auf Höhe der Pupillenmitte bei Nullblickrichtung liegt. Es ist empfehlenswert, bei überwiegender Nahsicht 1–2 mm höher, bei überwiegender Fernsicht 1–2 mm tiefer anzupassen. Die seitliche Zentrierung erfolgt zweckmäßigerweise nach der Nah-PD mit Hilfe der Spiegelmethode, um auf diese Weise gegebenenfalls asymmetrische Konvergenzen zu erfassen.

Die Prüfung, ob für die gewählte Fassung der Rohglasdurchmesser ausreichend ist, wird mit der Durchmesserschablone für Progressiv Perfalt durchgeführt (Abb. 9). Mit Hilfe der für Add 1,0 und Add 3,0 in die Schablone eingetragenen fehlerbehafteten Bereiche kann darüber hinaus beurteilt werden, ob der Abstand des Nahbezugspunkts vom unteren Fassungsrand ausreichend ist, um das große Nahteil nutzen zu können. Außerdem enthält die Schablone für die verschiedenen Nahzusätze die Breite des „Tragrands“ in der unteren Glashälfte. Der plane „Tragrand“ ist gießtechnisch bedingt und fällt beim Einschleifen im allgemeinen weg; trotzdem sollte er, vor allem bei größeren Fassungsscheiben, stets beachtet werden.

5. Ausblick

Wie bereits angedeutet, wurden umfangreiche Trageversuche mit unterschiedlichen

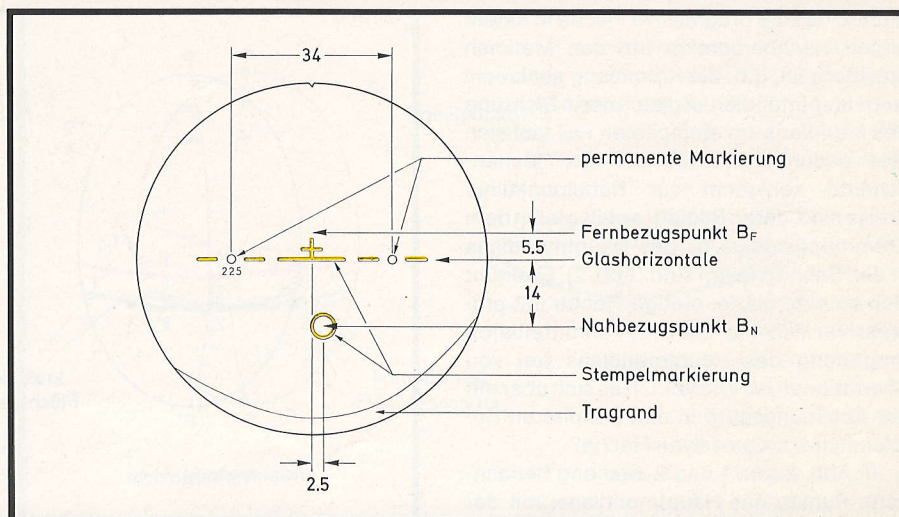


Abb. 8: Charakteristische Maße und Markierungen für Progressiv Perfalt

progressiven Gläsern durchgeführt. Schließlich ist die Bewertung durch den Brillenträger das entscheidende Kriterium für die Einstufung eines Glastype und ein wichtiges Indiz für die Weiterentwicklung progressiver Flächen. Die Aufmerksamkeit soll jedoch auf eine andere Aussage der Versuche gelenkt werden: Unabhängig vom speziellen Flächentyp ist die gewissenhafte und fachgerechte Anpassung wesentliche Voraussetzung für den Trageerfolg. Dieser Sachverhalt ist zweifellos nicht neu. Im Rahmen vergleichender Trageversuche wird seine Bedeutung jedoch besonders augenfällig: Läßt man z. B. von einer Testperson zwei verschiedene Gläser einstufen, so genügt u. U. ein schlecht sitzender Bügel bei einer der beiden Fassungen, die gefundene Rangfolge umzukehren. Daraus folgt einmal nachdrücklich, daß bei Schwierigkeiten mit der Gewöhnung und Verträglichkeit von Gleitsichtgläsern zuallererst Anpassung und Zentrierung der Gläser überprüft werden sollten. Zum anderen zeigt gerade dieser Sachverhalt, wie entscheidend die Fachkenntnis des Augenoptikers für die qualitativ hochwertige Brille im allgemeinen und für die Verabreichung von progressiven Gläsern im besonderen ist.

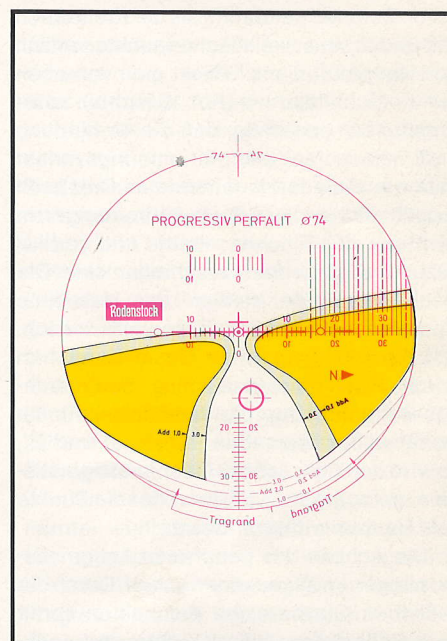


Abb. 9: Durchmesserschablone für Progressiv Perfalt

Dipl.-Phys. Werner Köppen
Leiter der Hauptabteilung Physiologische Optik
Optische Werke G. Rodenstock
Isartalstr. 43
8000 München 5