	Wissenschaftliche Publikationen Augenoptik	Nr. 1-2 April 2000
---	---	-------------------------------------

GRADAL[®] INDIVIDUAL

Konzeption, Fertigung und Anpassung

Dr. Wolfgang Grimm und Gerhard Kelch, Carl Zeiss

April 2000

Fertigung von Gradal Gleitsichtgläsern

Bei Gradal[®] Gleitsichtgläsern besteht eine klare zeitliche Trennung zwischen der Herstellung der Gleitsichtfläche auf dem Halbfertigprodukt (HF) und der Bearbeitung zum fertigen Brillenglas im Rezeptweg. Den Ablauf dieses Fertigungsprozesses kann man vereinfacht folgendermaßen beschreiben (Abb. 9).

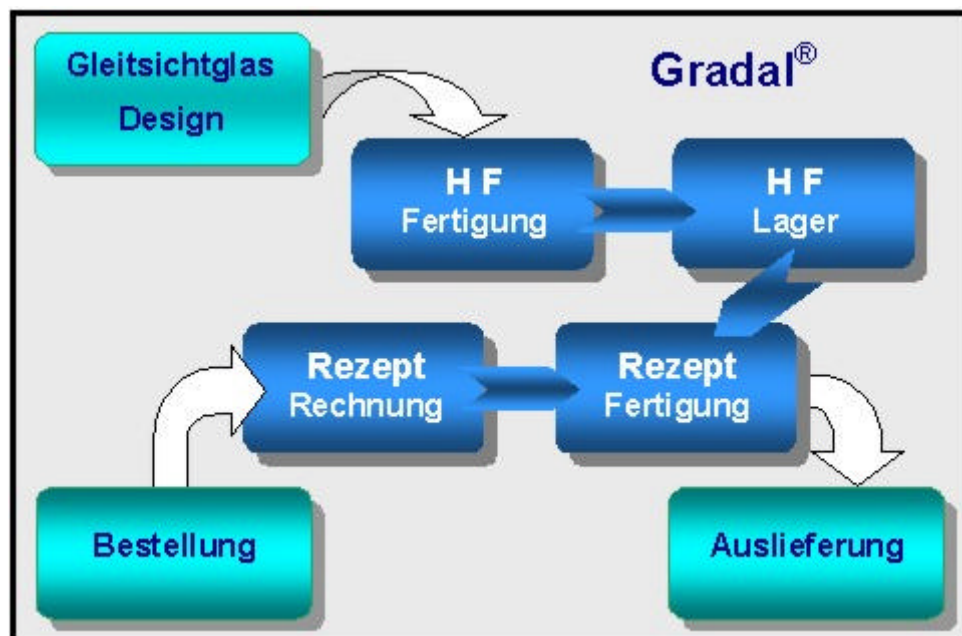



Abbildung 9 Fertigungsablauf bei Gradal[®] Gleitsichtgläsern über den Zwischenschritt Halbfertigprodukt (HF)



Die Daten für die Gleitsichtglasflächen für den gesamten Lieferbereich werden an die Fertigungsgruppe für Halbfertigprodukte (HF) gegeben. Diese HF-Fertigungsgruppe produziert mit einem bestimmten zeitlichen Vorlauf ein ausreichend umfangreiches HF-Lager für Gradal® Gleitsichtgläser. Aus den Bestelldaten wird in der sog. Rezeptrechnung das benötigte Gleitsichtglas-Halbfabrikat ermittelt und aus den Korrektionsdaten (Rezeptdaten) werden für die Fehlsichtigkeit die Fertigungsdaten für die Rezeptfläche errechnet. In der Rezept-Fertigungsgruppe werden dann die bestellten Gleitsichtgläser produziert und nach weiteren Veredelungsschritten ausgeliefert.

Diese Produktionsmethode ist für individuelle Gleitsichtgläser nicht anwendbar. Die gleitende Brechwertverteilung von der Ferne bis zum Arbeits- und Prüfabstand in der Nähe, die Korrektionsdaten für die Fehlsichtigkeit und die Positionsparameter zusammen bestimmen die optimale Brechwertverteilung für die individuelle Gleitsichtbrille. Somit können auch keine Halbfabrikate vor Eingang der Bestellung gefertigt und auf Lager gelegt werden. Gradal® Individual verlangt einen neuen Produktionsprozeß. Die beiden Produktionsprozesse HF-Fertigung und Rezeptfertigung (Abb. 9) müssen daher funktionell vereinigt werden (Abb.10).

Wie aufwendig die Verschmelzung von Flächendesign- und Rezeptrechnung ist, wurde bereits im Abschnitt „Automatische Optimierung“ dargelegt. Ähnliche Entwicklungsarbeit mußte auch in die Fertigungstechnik für individuelle Gleitsichtgläser investiert werden. Die Fertigungsmaschinen für sphärotorische Rezeptflächen sind selbstverständlich für Freiformflächen nicht einsetzbar. Diejenigen Maschinen wiederum, die Freiformflächen für das HF-Lager herstellen, sind hochpräzise, aber im allgemeinen zu langsam, um in der Rezeptfertigung rationell verwendet werden zu können. Darüber hinaus muß die Oberflächenstruktur (Rauigkeit) der individuellen Freiformflächen so beschaffen sein, daß möglichst gar nicht mehr

	Wissenschaftliche Publikationen Augenoptik	Nr. 1-2 April 2000
---	---	-------------------------------------

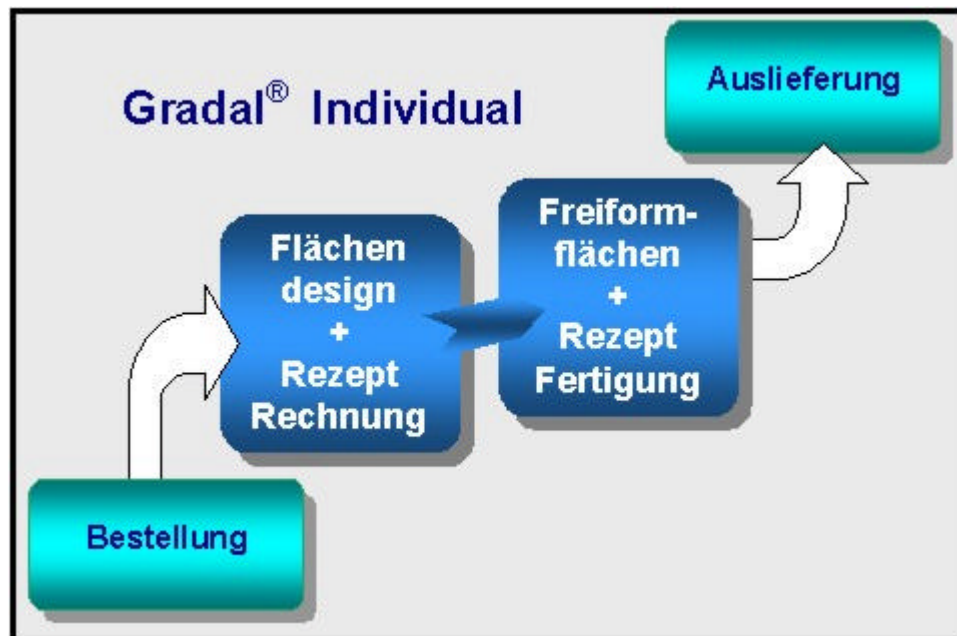


Abbildung 10 Fertigungsablauf Gradal® Individual

oder nur sehr wenig poliert werden muß. Je länger die Polierzeit ist, desto größer sind die Formabweichungen der Freiformflächen gegenüber der Sollfläche und um so größer wird der Aufwand, diese Abweichungen zu vermeiden.

Gesucht wurde also eine Technik, die es gestattet, Freiformflächen hochgenau, schnell und mit sehr guter Oberflächenqualität zu produzieren.

Eine Technik, die diese Ansprüche erfüllt, heißt **High Speed Cutting**, kurz **HSC** genannt. Abbildung 11 zeigt die Funktionsweise einer Maschine, die mit dieser Technik arbeitet.

Das zu bearbeitende Werkstück rotiert mit hoher Geschwindigkeit. Der Feindrehmeißel, bestückt mit einer Diamantschneide, bewegt sich vom Rand her zur Mitte des Werkstückes. Die Diamantschneide wird dabei gemäß der Form der zu erzeugenden Fläche sehr schnell und mit höchster Genauigkeit vertikal geführt. Die Beherrschung der dabei auftretenden Beschleunigungen stellt größte Ansprüche an die Maschinenbautechnik. Auch die elektronische Steuerung mußte weiter entwickelt werden, um in sehr kurzer Zeit die Daten für die exakte

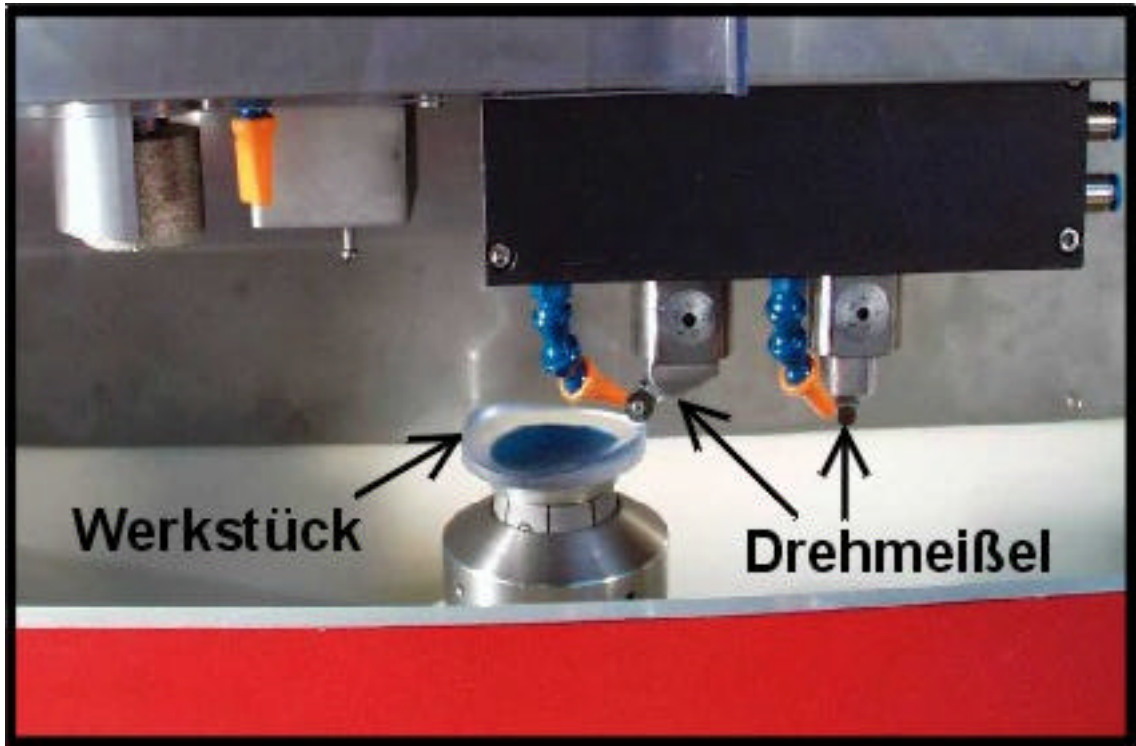


Abbildung 11 High Speed Cutting Arbeitsraum mit Werkstück und Drehmeißel

Positionierung des Werkzeugs liefern zu können. Pro Fläche müssen etwa 40000 Punkte berechnet und in Steuerdaten übersetzt werden.

Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis einer solchen Flächenbearbeitung im Vergleich zur herkömmlichen Produktion.

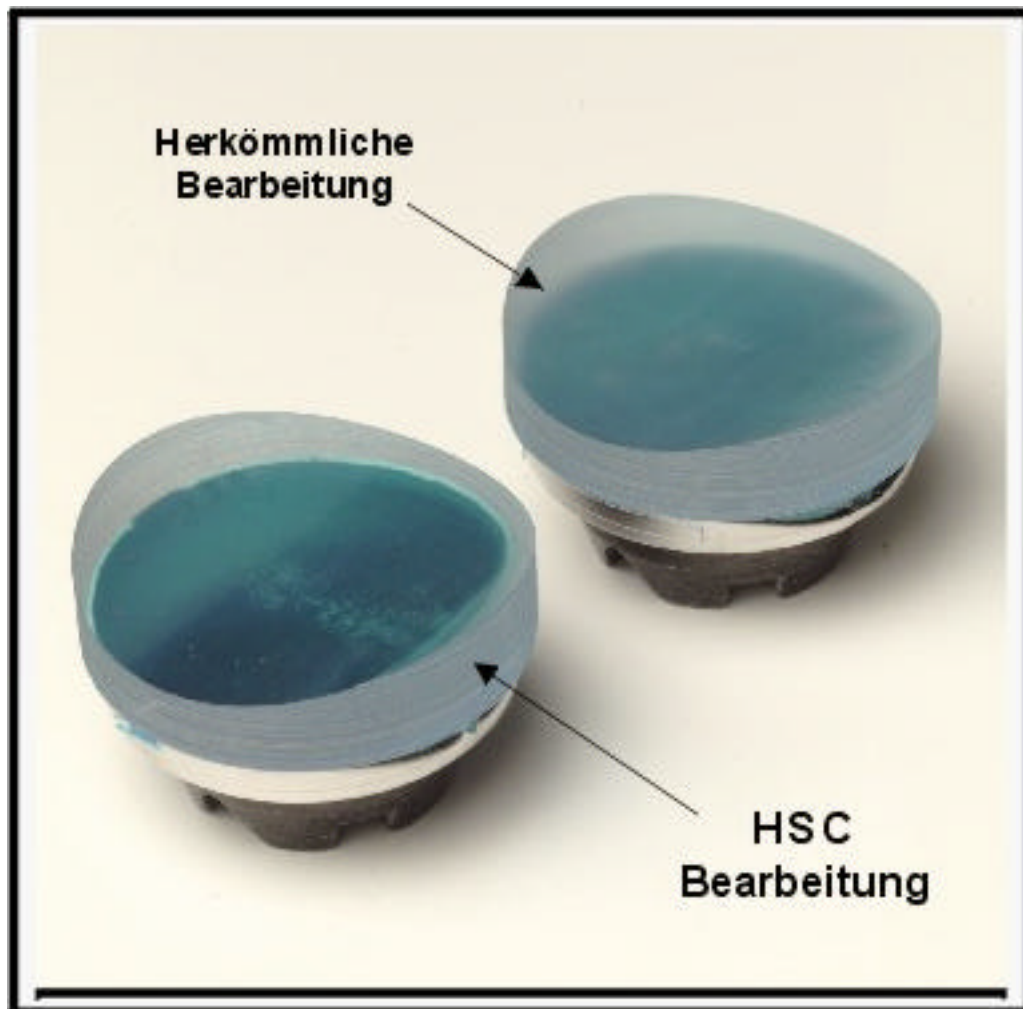



Abbildung 12 Oberflächenstruktur eines mit einer HSC-Maschine bearbeiteten Halbfabrikats im Vergleich zu herkömmlicher Bearbeitung des Halbfabrikats

Der Unterschied ist klar erkennbar. Bei einem mit herkömmlicher Methode bearbeiteten Halbfabrikat (oben rechts) ist der Tragkörper unscharf durch die bearbeitete Fläche auszumachen. Das im Vordergrund liegende Halbfabrikat hingegen wurde mit einer HSC-Maschine bearbeitet. Die Konturen des Tragkörpers sind durch die fertig bearbeitete Oberfläche hindurch - ohne zu polieren - deutlich und scharf sichtbar. Es ist offensichtlich, daß der Polieraufwand für eine derart glatte Fläche gering ist, um eine optisch saubere

	Wissenschaftliche Publikationen Augenoptik	Nr. 1-2 April 2000
---	---	-------------------------------------

lieraufwand für eine derart glatte Fläche gering ist, um eine optisch saubere Fläche zu erzeugen.

Mit dieser oben skizzierten Hochgeschwindigkeits-Schneidetechnologie kann die Oberfläche der individuellen Freiformflächen so hergestellt werden, daß der anschließende Poliervorgang die Oberfläche glättet und keine optisch wirksamen Formabweichungen erzeugt.

Anpassung von Gradal® Individual

Die Anpassung von Gleitsichtbrillengläsern durch den Augenoptiker ist ein genau so wichtiger Schritt für den Erfolg einer Gleitsichtbrille wie das optische Design und die Fertigungsqualität der Gleitsichtbrillengläser. Bei Gleitsichtbrillengläsern gibt es praktisch keine Toleranzen – weder für den Brillenglashersteller, noch für den Augenoptiker.

Unabdingbar für den optimalen Trageerfolg sind:

- Exakte Brillenglasbestimmung – auf die Sehanforderungen des Brillenträgers abgestimmt,
- Fassungsberatung – besonders unter Berücksichtigung funktioneller Notwendigkeiten,
- Zentriermessungen mit geeigneten Hilfsmitteln und eine entsprechende Werkstatt-Technik,
- Fachgerechte Einweisung des Kunden mit Erklärungen zu den visuellen Besonderheiten bei der Benutzung von Gleitsichtbrillengläsern.

Brillenglasbestimmung – auf die Sehanforderungen des Brillenträgers abgestimmt

Bei der Brillenglasbestimmung ist speziell darauf zu achten, daß die Korrektionswerte für die Ferne binokular den vollen Seherfolg ergeben. Um diesen in einem Gleitsichtglas optimal verwirklichen zu können, muß der Hornhaut–Scheitel–Abstand der Meßbrille (des Phopters) und der angepaßten Fassung erfaßt werden. Falls diese beiden Hornhaut–Scheitel–Abstände unterschiedlich sind, müssen sich die zu bestellenden Fernkorrektionswerte auf den Hornhaut–Scheitel–Abstand in der anzufertigenden Brille beziehen.

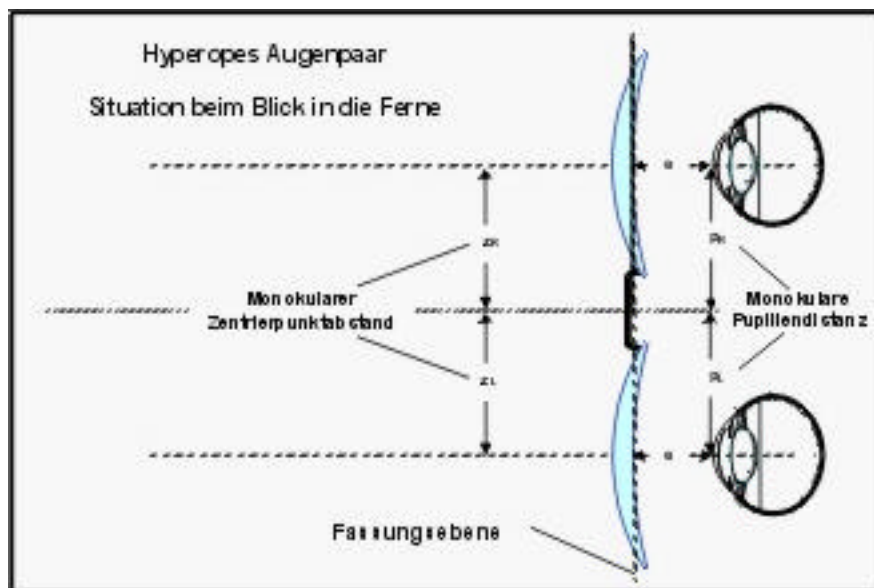


Abbildung 13 Situation beim Blick in die Ferne für ein hyperopes Augenpaar mit den Positionsparametern: Hornhaut–Scheitel–Abstand (e), monokulare Pupillendistanzen (p_R , p_L), monokulare Zentrierpunkt–Abstände (z_R , z_L)

Die Nahkorrektionswerte, d.h. die Addition zu den Fernkorrektionswerten, werden üblicherweise bei einem Prüfabstand von etwa 40 cm bestimmt. Dies ist natürlich nur bis zu Additionswerten bis einschließlich 2,5 Dioptrien möglich. Ab 2,75 Dioptrien Addition verkürzt sich

der Prüfabstand entsprechend dem Kehrwert der Addition bis auf rund 28 cm bei einer Addition von 3,5 dpt.

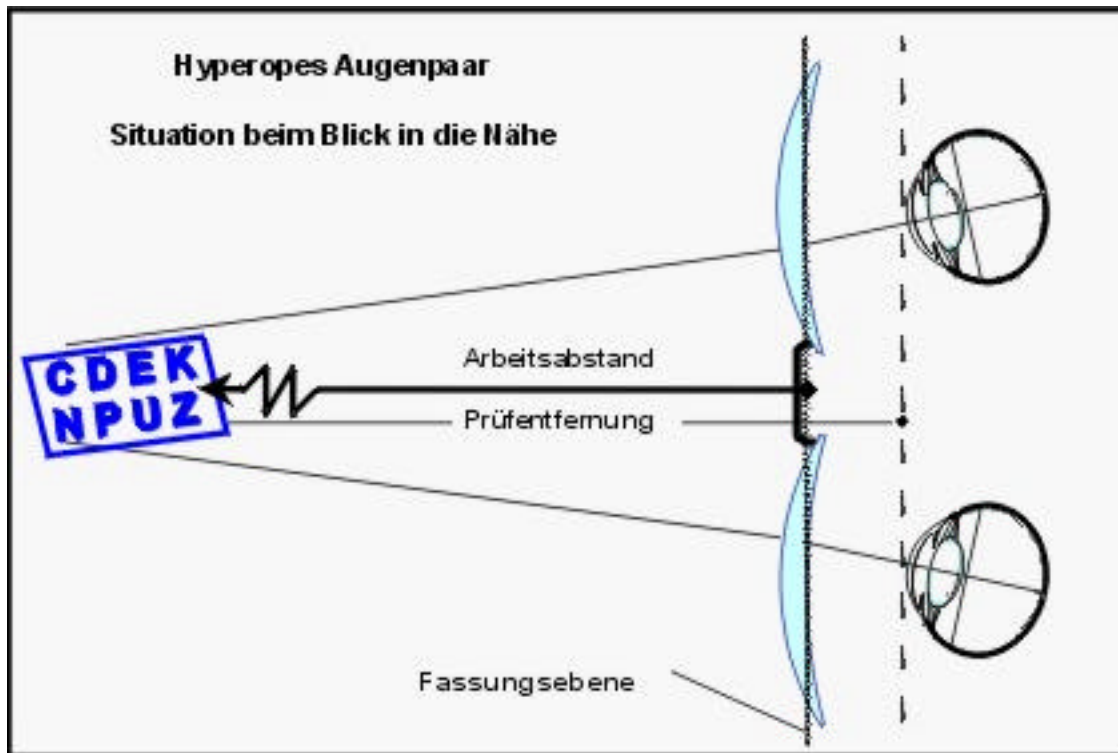


Abbildung 14 Situation beim Blick in die Nähe für ein hyperopes Augenpaar mit Arbeitsabstand und Prüfentfernung

Im Brillenglas müssen die Nahkorrektionswerte im Bereich für das Nahsehen nach unten und nasal versetzt verwirklicht werden. Das Ausmaß dieser Versetzung hängt von den Korrektionswerten für Ferne und Nähe, von den Positionsparametern der Brille, von der Pupillendistanz und der Entfernung ab, für die die Addition bestimmt wurde. Da die Additionsbestimmung natürlich in der hauptsächlichen „Arbeits- und Leseentfernung“ durchgeführt wird, ist auch in der fertigen Brille gewährleistet, daß die Nahkorrektionswerte an den entsprechenden Stellen im rechten und linken Gleitsichtglas verwirklicht sind. Darüber hinaus liegen dann auch diejenigen Bereiche des Gleitsichtglases, die scharfes Sehen zwischen Ferne



und Nähe ermöglichen, konvergenzrichtig. Das gilt exakt bei allen Gradal Gleitsichtgläsern für eine Pupillendistanz von 65 mm und gilt näherungsweise für um wenige Millimeter davon abweichende Pupillendistanzwerte.

Diese Beschränkungen auf mittlere Pupillendistanzen und mittlere Prüferentfernungen sind beim Gradal® Individual aufgehoben. Die Wirkungsbereiche können entsprechend den einzelnen Pupillendistanzwerten (p_R , p_L) für das rechte und das linke Auge angeordnet werden. Um den Verlauf der Wirkungsbereiche bis in die Nähe individuell festlegen zu können, bedarf es noch der Angabe der Entfernung, für die der Nahzusatz bestimmt wurde. Diese Entfernung muß gleichzeitig auch dem Abstand entsprechen, in dem später der Hauptsehbereich für die Nähe liegen wird.

Dazu ein Beispiel:

Ein presbyoper Hyperoper habe die folgenden optometrischen Daten:

	Korrektionswerte Ferne S´	Hornhaut–Scheitel– Abstand HSA	Pupillendistanz PD
	dpt	mm	mm
R.A.	sph + 5,00 ⇔ cyl –3,00 A 80°	e = 16	$p_R = 35$
L.A.	sph + 3,25 ⇔ cyl –0,75 A 100°		$p_L = 33$

Dieser Kunde gibt an, schwierige Arbeiten vorwiegend in 30 cm Entfernung durchzuführen.

Deshalb bestimmen Sie die Nahkorrektionswerte in 30 cm vor den Augen (Abbildung 14).

Dabei ergibt sich eine Addition von 2,25 dpt für diese Entfernung.

Für eine Bestellung von Gradal® Individual geben Sie nun folgende Werte an:

	Korrektionswerte Ferne S´	Hornhaut–Scheitel– Abstand von der Fas- sungsebene	Pupillendistanz PD	Addition ADD
	dpt	mm	mm	dpt
R.A.	sph + 5,00 ⇔ cyl –3,00 A 80°	e = 16	p _R = 35	2,25 in 30 cm
L.A.	sph + 3,25 ⇔ cyl –0,75 A 100°		p _L = 33	

Zur Addition wird also zusätzlich die Prüferfernung angegeben, die dem Abstand zur Nahsehprobe entspricht. Die Wirkungsbereiche werden dann entsprechend berechnet und liegen konvergenzrichtig und mit der benötigten Wirkung in den Sehbereichen im Gleitsichtglas. In diesem Beispiel empfiehlt sich eine Mittendickenreduktion (Optima), um leichte und dünne Brillengläser für die Brille des Kunden zu erhalten.

Über die Unterschiede in der Angabe von Pupillendistanz und Zentrierpunktsabstand bei prismatischen Korrekturen ist von H. Goersch und K. Saur an anderer Stelle berichtet worden [3].

Vollständig individuell auf den Kunden abgestimmt sind Bestellangaben natürlich erst, wenn auch die auf die Fassung bezogenen Zentriermaße angegeben sind.

Fassungsberatung unter Berücksichtigung funktioneller Notwendigkeiten

In der Praxis erfolgt die Anpassung von Gradal® Brillengläsern und auch von Gradal® Individual nach der Fernzentrierung. Dies ist eine sichere Methode für eine richtige Anpassung [4], die von anderen Brillenglastypen her bekannt ist. Das optische Design von Brillengläsern ist bei Carl Zeiss und neuerdings auch bei weiteren namhaften Herstellern auf diese Zentriermethode ausgelegt. Einige wenige Regeln sind dabei zu beachten:



Im Normalfall sind die Zentrierkreuze in Nullblickrichtung vor die Pupillenmitte zu legen.

Um eine optimale Größe der Blickfelder in allen Bereichen zu erzielen, ist eine Vorneigung von etwa 9° - also eine relativ große Vorneigung – zu verwirklichen und ein möglichst kleiner Hornhaut–Scheitel–Abstand anzustreben. Die Fassung muß deshalb schon bei der Auswahl darauf hin geprüft werden, ob die Scheibenhöhe ausreicht und die Inklinierbarkeit auf 9° durchführbar ist. Dies ist bei manchen Gesichtsformen ein schwer zu lösendes Problem, will man den Hornhaut–Scheitel–Abstand nicht übermäßig groß wählen.

Anders beim Gradal® Individual. Die Vorneigung wird in die individuelle Berechnung der Sehbereiche mit einbezogen. Den anatomischen Gegebenheiten der Gesichtsform des Kunden kann in weiten Bereichen entsprochen werden. Bei der Auswahl der Brillenfassung muß vom Augenoptiker lediglich darauf geachtet werden, daß die Scheibenform einen Abstand zwischen dem unteren Glasrand und der Pupillenmitte in Primärstellung von 20 mm ermöglicht.

Zentriermessungen mit geeigneten Hilfsmitteln

VIDEO INFRAL® ist ein seit 1992 eingeführtes Brillenanpaßgerät, bestehend aus einer Kameraeinheit mit zwei Videokameras. Damit wird eine Frontal- und Seitenansicht des Kunden mit der Brillenfassung simultan erfaßt und die genauen Daten zur Anpassung der Brillengläser aus diesen ermittelt.


Über die Ausgestaltung dieses Brillenanpaßsystems und die Möglichkeiten der Datenübergabe an eine entsprechend ausgerüstete Werkstatt ist bereits mehrfach berichtet worden [5]. Mit dem VIDEO INFRAL® System sind die notwendigen Positionsparameter, wie Pupillendistanz, Zentrierpunktabstände, Hornhaut–Scheitel–Abstand, Vorneigung und die Fassungs-



Abbildung 15 VIDEO INFRAL® Brillenanpaßsystem

maße präzise und einfach für alle Gradal-Gleitsichtgläser zu erfassen. Die Anpassung und Bestellung von Gradal® Individual gestaltet sich hierbei besonders problemlos für den Augenoptiker, da alle zu einer umfassenden Optimierung benötigten Parameter erfaßt und "online" weitergegeben werden können. Der Kunde erhält bei dieser Vorgehensweise eine wirklich individuelle Gleitsichtbrille von der Konzeption bis zur Anpassung.

Natürlich kann man die notwendigen Positionsparameter auch mit etwas mehr persönlichem Aufwand ausreichend genau erfassen. Dazu sind die unterschiedlichsten Methoden, die der


	Wissenschaftliche Publikationen Augenoptik	Nr. 1-2 April 2000
---	---	-------------------------------------

Augenoptiker im Laufe seiner Ausbildung kennenlernt, anwendbar. Eine kritische Würdigung dieser Verfahren ist beispielsweise von Thomas Kochniss veröffentlicht worden [6].

Mit Gradal® Individual können die Sehbereiche immer individuell konvergenzrichtig angeordnet und die Korrektionswerte wirkungsrichtig hergestellt werden. Mit Gradal® Individual erhält der Gleitsichtbrillenträger sein optimal binokulares Blick-Gesichtsfeld in allen Sehbereichen.


Zusammenfassung

In einem kurz gefassten historischen Rückblick auf die fast 100 jährige Geschichte des Gleitsichtbrillenglases wurde der bisher erreichte Entwicklungsstand dargestellt. Die rasante Entwicklung und Verbreitung der Computertechnik, sowie die Anwendung neuer Verfahren in der Maschinenbautechnik ermöglichen es heute einen völlig neuen Typ von Gleitsichtbrillengläsern zu schaffen. Die Vorteile dieses individuellen Gleitsichtglases werden an Hand einiger Beispiele zu den Blick-Gesichtsfeldern erläutert. Die Umsetzung des optischen Designs durch neuzeitliche Fertigungsmethoden in ein Gleitsichtglas wird anschaulich dargestellt. Die "Zufriedenheit" der Brillenträger ist von ineinander verketteten Tätigkeiten und Bedingungen abhängig. Exakte Augenglasbestimmung, richtige Anpassung der Fassung und Zentrierung der Gleitsichtbrillengläser zum Augenpaar sind genauso entscheidend für die "Verträglichkeit" einer individuellen Gleitsichtbrille, wie das optische Design, das durch eine entsprechende Fertigungstechnologie verwirklicht wird. Nicht zuletzt gehört dazu auch eine fachgerechte Einweisung des Kunden mit Erklärungen zu den visuellen Besonderheiten bei der Benutzung von Gleitsichtbrillen.

	Wissenschaftliche Publikationen Augenoptik	Nr. 1-2 April 2000
---	---	-------------------------------------

Literatur

- [1] G. MINKWITZ
Über den Flächenastigmatismus bei gewissen symmetrischen Asphären
Optica Acta, Band 10, S. 223-227, Jahrgang 1963 Nr. 3
- [2] Carl Zeiss
Optimum Surface Design
Aus der Zeiss Brillenglas – Forschung, Info Broschüre Januar 1995
- [3] H. Goersch
"Übertragung prismatischer Korrekturen aus der Meßbrille in die Korrektionsbrille",
DOZ 12, 1992
K. Saur, G. Kelch: "Augenoptische Fachkompetenz bei der Anpassung prismatischer Brillengläser" Zeiss-Sonderdruck aus NOJ 5-97 und 6-97
- [4] Georg Stollenwerk,
Auf Ferne oder auf Nähe? Zur Horizontalzentrierung von Gleitsichtbrillengläsern,
Zeiss-Sonderdruck aus NOJ 1, 1994
- [5] W. Grimm
Computerunterstützte optische Brillenanpassung
Der Augenoptiker 44, 10, S. 21 - 28, 1989
41. Sonderdruck der WVAO, S 78-83, 1989

	Wissenschaftliche Publikationen Augenoptik	Nr. 1-2 April 2000
---	---	-------------------------------------

H. Gottlob, P.H. Koch

Video Infral – die neue Dimension eines Meß- und Anpaßsystems für Brillen

Deutsche Optiker Zeitung, H4, 1994

[6] Th. Kochniss

Die Zentrierung von Brillengläsern in der Praxis des Augenoptikers

Sonderdruck aus Optometrie 4, 1986

Gleitsichtglas-Zentrierung bei Hyperopie

46. Sonderdruck der WVAO, S 58-64, 1994