

Wellenfront Technologie

Herstellung maßgeschneiderter Brillengläser

In den letzten Jahren hat sich Wellenfront Technologie in der refraktiven Chirurgie mehr und mehr durchgesetzt. Diese ursprünglich für die astronomische und militärische Anwendung entwickelte Technologie erlaubt es, Abbildungsfehler des menschlichen Auges genau zu vermessen und darzustellen. Von Dr. Andreas W. Dreher, Ophthonix, Inc., San Diego

So genannte Aberrometer messen neben den traditionell erfassten Abbildungsfehlern Sphäre, Zylinder und Achse auch Abbildungsfehler höherer Ordnung, wie z.B. Koma, dreiachsiger Astigmatismus und sphärische Aberration. Diese waren vor der Erfindung und klinischen Einführung des Aberrometers nicht messbar und, bis vor kurzem, nur mit der wellenfrontgesteuerten Hornhautchirurgie korrigierbar. Von daher ist es nicht überraschend, dass bis heute die Routine-Augenuntersuchung keine Aberrationsmessung beinhaltet. Die Tatsache, dass die höhergeordneten Abbildungsfehler bisher ignoriert wurden, bedeutet allerdings nicht, dass diese nur in Ausnahmefällen und bei vereinzelt Patienten auftreten: klinische Studien in den USA haben gezeigt, dass signifikante höhergeordnete Abbildungsfehler bei 96% der fehlsichtigen und 77% der normalsichtigen Bevölkerung auftreten und deren optimale Sicht beeinträchtigen. Obwohl Patienten mit höhergeordneten Abbildungsfehlern (Wellenfrontfehlern) durchaus einen Visus von 1.0 oder besser haben können, ist deren optimale Sicht typischerweise um etwas 20% durch Halos, Doppelbilder, Kontrastschwächen etc. reduziert. Diese scheinbare paradoxe Tatsache ist dadurch gegeben, dass der Patient während der heutigen Refraktionsbestimmung lediglich angibt, ob er die Buchstaben auf der Tafel erkennen kann. Niemand fragt jedoch, wie diese qualitativ aussehen, d.h. ob zum Beispiel, trotz des richtig erkannten Buchstabens, dieser vollkommen klar ist, oder etwaige Geisterbilder oder Verzerrungen auftreten. Um diesen Patienten eine optimale Sicht ohne Hornhautchirurgie zu geben, hat das amerikanische Unternehmen Ophthonix, Inc. (San Diego, Kalifornien) ein neuartiges



Abbildung 1: Das Z-View Aberrometer

Korrektursystem entwickelt, das aus zwei Komponenten besteht: dem kompakten Diagnosegerät Z-View Aberrometer zur objektiven Refraktionsbestimmung und den nach „Wellenfrontmaß“ individuell hergestellten iZon Korrektionsgläsern.

Das Z-View Wellenfront Aberrometer

Um individuelle, wellenfrontkorrigierte Brillengläser herzustellen, müssen zuerst die spezifischen Abbildungsfehler des Patienten ermittelt werden. Das Z-View Aberrometer (Abbildung 1) wurde in Zusammenarbeit mit Augenoptikern und Augenärzten speziell zum Zwecke der Refraktionsbestimmung und zur Verschreibung von Brillengläsern

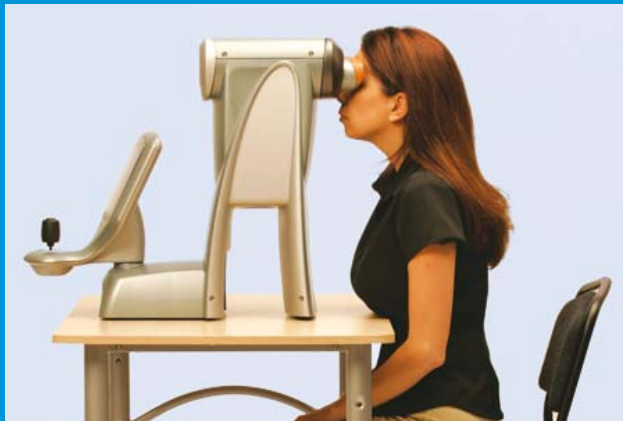


Abbildung 2: Das Z-View detektiert den „optischen Fingerabdruck“ des Patienten



und Kontaktlinsen ermittelt. Der Patient sitzt bequem vor dem kompakten Gerät (HxBxT 60 cm x 30 cm x 60 cm) und lehnt die Stirn gegen die Stirnstütze. Dabei fixiert er/sie binokular auf ein internes Stereobild. Ein infraroter, völlig harmloser Laserstrahl mit idealem Wellenfrontprofil durchleuchtet die Kornea, Vorderkammer, Linse und Glaskörper des Auges, wird teilweise von der Netzhaut reflektiert und aus dem Auge zurückgestreut. Ein patentierter Wellenfrontsensor, der aus einem holografischen Beugungsgitter und einer hochempfindlichen Kamera besteht, analysiert die aus dem Auge tretende Wellenfront des Streulichtes an über 11.000 Punkten, vergleicht diese mit der des Beleuchtungsstrahls, und berechnet den lokalen Wellenfrontfehler für jeden Punkt (Abbildung 2). Zum Vergleich, herkömmliche Aberrometer, die für die Hornhautchirurgie entwickelt wurden, haben nur eine Auflösung von einigen hundert Punkten. Die enorm hohe Auflösung des Z-View Aberrometers ist jedoch notwendig für die anschließende Berechnung und Herstellung der iZon Brillengläser. Die Messzeit pro Auge beträgt etwa 0,03 Sekunden, und eine komplette Refraktionsbestimmung inklusive der Patienten-anweisungen dauern etwas ein bis zwei Minuten. Die völlig objektive Refraktion resultiert neben den traditionellen sphärischen und zylindrischen Messwerten in den „optischen Fingerabdrücken“, einer detaillierten Farbkartendarstellung der 22 gemessenen, höhergeordneten Abbildungsfehler (Abbildung 3). Diese „optischen Fingeabdrücke“ sind patienten- und augenspezifisch. Zur Interpretationsunterstützung werden die wichtigsten Wellenfrontfehler gegen eine Normaldatenbank verglichen, wobei die Messwerte für Abbildungsfehler im Normalbereich Grün und Abbildungsfehler über dem Normalbereich in Rot dargestellt werden. Eine intelligente Neuralnetzwerk-Software untersucht alle Messdaten des Patienten und gibt dem Augenoptiker an, ob der gerade untersuchte Patient ein Kandidat für die wellenfrontkorrigierenden iZon Gläser ist. Dieser Algorithmus wurde in klinischen Studien entwickelt und gibt, basierend auf der Größe und Verteilung der Wellenfrontfehler, die Wahrscheinlichkeit an, mit der der untersuchte Patient eine Sichtverbesserung oder zusätzlichen Sehkomfort gegenüber herkömmlichen Brillengläsern erwarten kann.

Das iZon individuell wellenfrontkorrigierte Brillenglas

Entscheidet sich der untersuchte Patient für die maßgeschneiderten iZon Brillengläser, werden die digitalen Z-View Messergebnisse an das Ophthonix Labor weitergeleitet. Mit den mitgelieferten Angaben über die gewählte Fassung, Hornhautscheitel-Abstand, Vorneigung der Brillenfassung und Pupillenposition werden aus den Z-View Messdaten patienten- und augenspezifische Wellenfrontdesigns berechnet, die die gemessenen Wellenfrontfehler korrigieren. Im Allgemeinen sind die in Patientenaugen zu korrigierenden Wellenfrontfehler extrem klein, typischerweise im Nanometer- oder Submikronbereich. Eine Herstellung von wellenfrontkorrigierten Brillengläsern für solch präzise und asymmetrische Korrekturen ist daher mit herkömmlichen Schleif- und Poliermethoden, inklusive den modernsten Freiformtechniken, nicht möglich.

Deshalb entwickelte Ophthonix eine neuartige und patentierte Methode der Brillenglasherstellung. iZon Brillengläser bestehen aus einer 0,5 mm dicken iZonik Polymerschicht, die zwischen einem Kunststoff-Trägerglas und einem hauchdünnen Deckglas permanent eingebettet ist. Der Brechungsindex des Träger- und Deckglases beträgt 1,60, deren Dichte $1,34 \text{ g/cm}^3$. Die Rückseite des Kunststoffglases wird konventionell entsprechend der sphärischen und zylindrischen Korrektur des Patienten bearbeitet. Danach beginnt die Feinbearbeitung des Wellenfrontdesigns. Ähnlich wie beim Brennen einer CD wird ein UV-Laser über das iZon Glas gescannt und dabei der Brechungsindex des iZonik Materials über eine große Fläche des Glases verändert (Abbildung 4). Durch diese kontrollierte Brechungsindexänderung können feinste Wellenfrontkorrekturen entsprechend des patienten- und augenspezifischen Wellenfrontdesigns einprogrammiert werden. Zusätzlich werden während des iZonik Programmierschrittes etwaige Herstellungstoleranzen auf 0,01 Dioptrien korrigiert. Bei dem iZon Gleitsichtglas, das im März 2006 eingeführt wurde, wird auch der Nahzusatz durch individuelle Programmierung des iZonik Materials optimiert. Standardmäßig werden alle iZon Brillengläser mit einer hochwertigen, mehrlagigen Kratzschutz- und Antireflectionsschicht versehen.

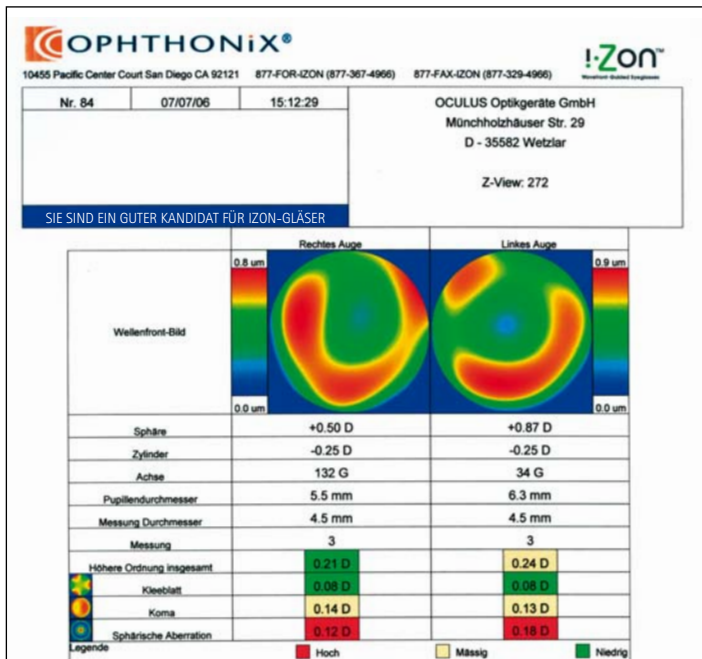


Abbildung 3: Der Ausdruck des Z-View Aberrometers. Oben sind die farbko-dierten „optischen Fingerabdrücke“ des Patienten, darunter die konventionellen Refraktionsdaten, gefolgt von den Messdaten der höher geordneten Abbil-derungsfehler.

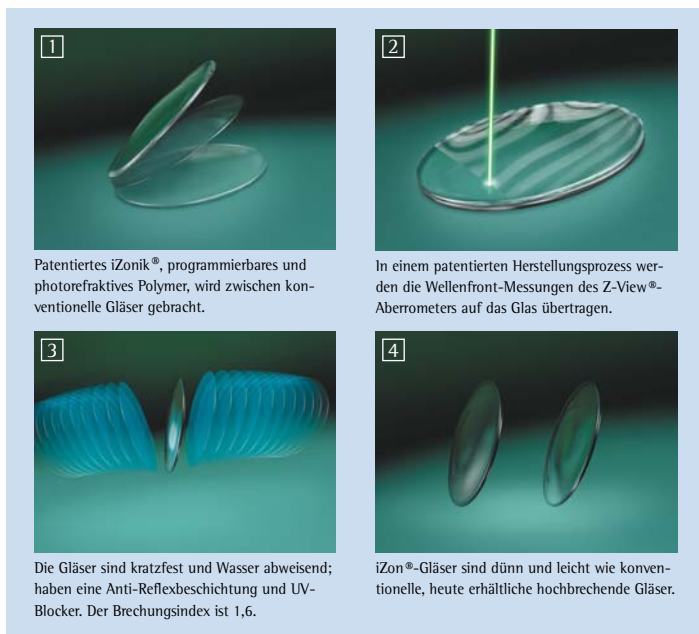


Abbildung 4: Der Herstellungsprozess der iZon Gläser in vier Schritten.

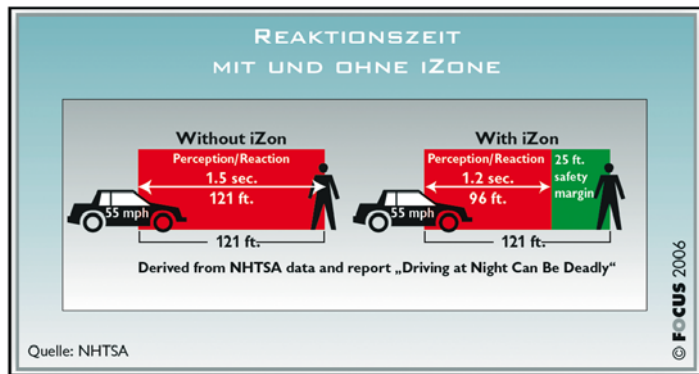


Abbildung 5: Verbesserte Nachtfahrt-Reaktionszeit durch iZon Gläser

Klinische Effizienz der iZon Brillengläser

Die iZon individuell wellenfrontkorrigierten Brillengläser sind in Kalifornien seit Mai 2005 kommerziell erhältlich. Tausende von Patienten erfreuen sich schon an ihrer „High Definition“ Sicht mittels nicht-chirurgischer iZon Wellenfrontkorrektur.

Mehrere klinische Studien haben gezeigt, dass Patienten mit diesen Brillengläsern, verglichen mit äußerlich identischen, konventionellen Gläsern, statistische signifikante Sehkraft- und Kontrastverbesserungen erreichen. Interessanterweise konnten diese Verbesserungen sowohl bei fehlsichtigen Patienten als auch bei normalsichtigen Probanden nachgewiesen werden.

Eine Besonders wichtige Anwendung der wellenfrontkorrigierten Gläser ist die Verbesserung des Dämmerungs- und Nachtsehens. Wellenfrontfehler beeinträchtigen das Kontrastsehen besonders stark, und viele Patienten mit signifikanten Wellenfrontfehlern berichten zusätzlich über Schwierigkeiten beim Autofahren in der Dämmerung und Nacht. Ampellichter oder Scheinwerfer entgegenkommender Fahrzeuge erscheinen oft verzerrt oder mit Lichthof. In einer Befragung von 1.300 amerikanischen Bürgern im Alter von 18 bis 75 Jahren berichten 77% der Befragten, dass sie eine Verbesserung Ihrer Nacht- und Dämmerungssehkraft wünschten.

Die Verbesserung des Dämmerungs- und Nachtsehens mit iZon Brillengläsern wurde anhand eines von der amerikanischen Food and Drug Administration (FDA) anerkannten Nachtfahrtsimulators überprüft. In der Studie beobachteten die Probanden sowohl mit iZon als auch konventionellen Gläsern eine Nachtfahrtszene mit einem plötzlich auftauchenden Fußgänger. Die Studie zeigte, dass die Probanden beim Tragen der iZon Brille den Fußgänger durchschnittlich 0,3 Sekunden früher erkannten. Bei Tempo 88 km/h (55 mph) bedeutet dies eine durchschnittliche Reaktionszeitverbesserung von 20% (Abbildung 5), welche einen wichtigen Sicherheitsfaktor beim Autofahren darstellen kann.

Marktakzeptanz

Trotz der zahlreichen Studien sind individuell wellenfrontkorrigierte Brillengläser absolutes Neuland sowohl für Augenoptiker als auch Patienten. Die iZon Brillengläser sind die ersten und einzigen dieser Art, und Hunderte von technischen und wissenschaftlichen Fragen mussten beantwortet werden. „Wie genau misst das Z-View Aberrometer?“, „Wer ist ein Kandidat für die wellenfrontkorrigierten Gläser?“, „Welche Wellenfrontfehler müssen behoben werden?“, bis zu „Kommt ein Patient mit dem zusätzlichen Sehvermögen zurecht?“ waren Fragen, für die es bis vor kurzem keine Antworten gab.

Letztendlich konnten diese Fragen nur durch den Patienten beantwortet werden. Und die Antworten von Patienten und Augenoptikern sind extrem positiv: 98% der

iZon Kunden berichten, dass sie schärfer sehen können; jeweils 87% beschreiben eine verbesserte Tiefenauflösung und sattere Farben; 77% führen eine verbesserte Dämmerungs- und Nachtsehkraft an.

„Als ich mit meinen anderen Brillengläsern untersucht wurde, hatte ich einen Visus von 1.0, aber ich hatte Schwierigkeiten beim Fahren in der Dunkelheit. Ich konnte nicht die Verkehrszeichen sehen und ich sah Halos“ sagte Michelle Garden, Grundschullehrerin in San Diego, CA. Sie führte fort: „Mit den iZon Gläsern habe ich keine Angst mehr, abends auszugehen... die Ampellichter haben keine Halos mehr... das macht das Fahren sicherer für mich.“

Dr. Mark Sofonia, Chirurg in Palm Desert, CA, berichtet: „Wenn ich in der Nacht Auto fahre und Verkehrsschilder lese, ist es einfacher, weil die (iZon Gläser) klarer sind, selbst in der Nacht.“

Und Dipl. Augenoptiker Eduard Bosshard in Zürich, Schweiz, bemerkte über die iZon Gläser: „Dank des größeren Abbildungsspielraumes kann der Nahzusatz verringert werden, die scharfen Sehbereiche sind größer und weniger blickrichtungsabhängig. Die Augen bleiben scheinbar länger jung.“

Wellenfront = Wellenfront?

Mit der zunehmenden Beliebtheit des Wortes „Wellenfront“ bleibt es nicht aus, dass dieser in verschiedenen Zusammenhängen und Bedeutungen erwähnt wird. So wurde kürzlich ein neues Gleitsichtglas eingeführt, das als Wellenfront korrigiert vermarktet wird. In diesem Zusammenhang bezieht sich „Wellenfrontkorrektur“ jedoch auf die Optimierung des Brillenglasdesigns, mit dem Ziel, die in Gleitsichtgläsern typischen Abbildungsfehler des Brillenglases zu reduzieren oder korrigieren.

Das Ophthonix wellenfrontkorrigierte Brillenglas wurde entwickelt, um die bisher unkorrigierbaren, höher geordneten Abbildungsfehler des Auges auf individueller Basis zu korrigieren. Dazu ist eine Untersuchung mit dem Z-View Aberrometer notwendig, der die „optischen Fingerabdrücke“ des Patienten bestimmt. Die patentierte Innenschicht der iZon Gläser wird dann individuell entsprechend der „optischen Fingerabdrücke“ des Patienten programmiert; iZon Gläser werden dadurch zu vollständigen Unikaten.



nicht mehr geheim!

Sagen Sie später nicht, wir hätten Sie nicht informiert
Das Oculus/Ophthonix® Z-View®
Aberrometer für wellenfront-
korrigierende Brillengläser

Der „optische Fingerabdruck“ als perfektes Brillenglas

Oculus Optikgeräte GmbH • 35549 Wetzlar • GERMANY • Tel. ++49-641-2005-0 • Fax ++49-641-2005-255 • www.oculus.de

OCULUS **iZon™**
 Wavefront-Guided Eyeglasses