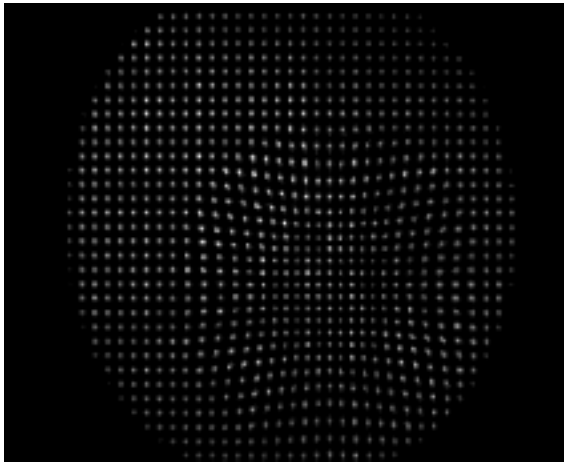


Maßgeschneiderte Laserbehandlung „Customized Ablation“ und Wellenfronttechnologie

Aberrationen des gesamten Auges

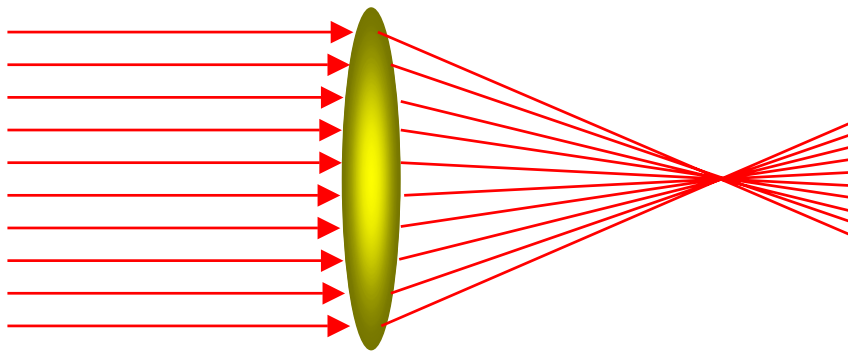


Lichtpunktmuster eines Aberrometers

Mit einer Brille können Kurz-, Weitsichtigkeit und Astigmatismus ausgeglichen werden; mit den herkömmlichen Excimerlasern können diese Korrekturen direkt an der Hornhaut durchgeführt werden. Ein wellenfrontgeführter Laser kann mehr: er modelliert sozusagen einen individuellen Massanzug für die Hornhaut, wenn dies nötig ist. Dieses Kapitel erklärt es Ihnen.

Etwas Theorie zu den optischen Fehlern des Auges

Die optischen Brechungsfehler des Auges (Aberrationen) konnten früher nur angenähert bestimmt werden. Dies war auch ausreichend, da eine Brille keine weitergehende Korrektur ermöglicht. Wie Sie in den vorherigen Kapiteln gesehen haben, wurde Kurzsichtigkeit so definiert, dass sich die Lichtstrahlen vor der Netzhaut, bei Weitsichtigkeit hinter der Netzhaut treffen bzw. bei Astigmatismus überhaupt kein scharfer Brennpunkt entsteht. Diese einfachen Brechungsfehler werden als Aberrationen niedriger Ordnung bezeichnet.

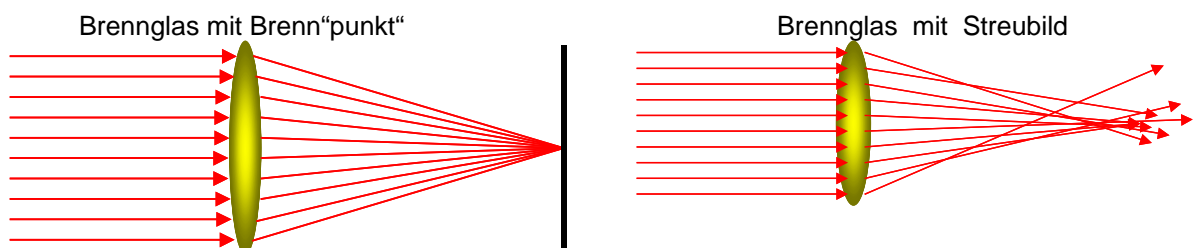


Beispiel Kurzsichtigkeit (hier treffen sich die Lichtstrahlen vor der Netzhaut)

Wenn Sie nun den Abbildungspunkt eines Brennglases ganz genau betrachten, werden Sie feststellen, dass dieser Brenn“punkt“ unscharfe Grenzen hat und somit auch kein Punkt im strengen Sinne ist. Dies kommt u.a. dadurch zustande, dass hier noch weitere Abbildungsfehler - sog. Aberrationen höherer Ordnung - vorliegen.

Eine Ursache hierfür ist, dass Ihr Brennglas – und auch das Auge - keine perfekte regelmäßige Oberfläche mit absolut gleicher Brechkraft haben.

Wenn Sie Ihr Brennglas nun etwas verkippen, wird aus dem Brenn“punkt“ schnell ein Streubild. So ist es gut nachvollziehbar, dass auch minimale Verkippungen und Irregularitäten im optischen System Auge zu weiteren Brechungsfehlern (Aberrationen höherer Ordnung) führen; einen ähnlichen Effekt haben auch Dezentrierungen usw.



Starke Brechungsfehler höherer Ordnung

Diese Brechungsfehler sind mit einer Brille nicht zu korrigieren und bei den meisten Augen auch vernachlässigbar, da sie nur bei Nacht bemerkt werden.

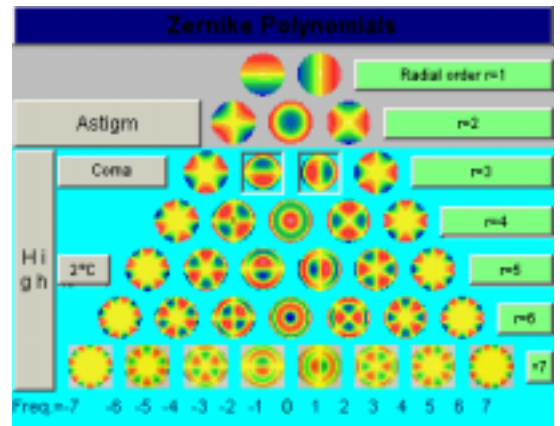
Bei Patienten mit hohem irregulärem Astigmatismus (irreg.Hornhautverkrümmung bzw. irreg. Stabsichtigkeit) stören sie das Sehen jedoch erheblich, besonders bei schwacher Beleuchtung und weiter Pupille. Bisher waren sie nur mit harten formstabilen Kontaktlinsen zu behandeln, die jedoch nicht immer getragen werden.

Geschichte der Messung von Aberrationen

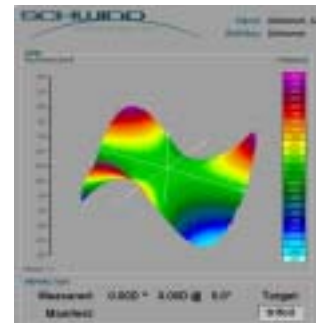
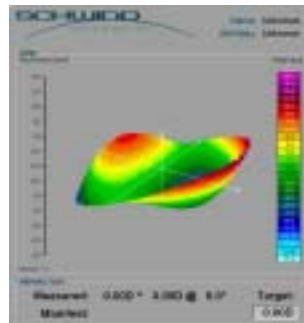
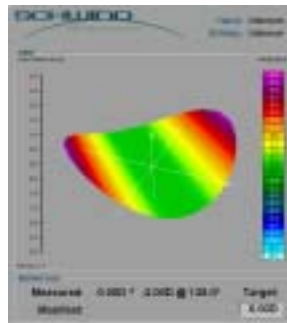
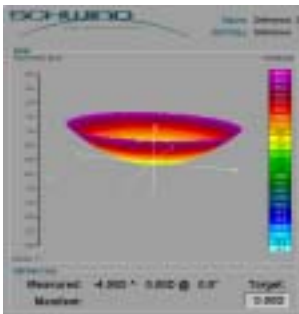
Die o.b. Beobachtungen wurden schon von den Naturwissenschaftlern im Altertum gemacht. Tscherning hat dann 1894 ein Aberrometer vorgestellt mit dem er an Hand eines Lichtpunktumsters subjektiv beurteilt konnte, ob und welche Aberrationen auftraten (siehe vorne).

Ein Modell zur mathematischen Berechnung der Aberrationen stellte dann der Physiker und Nobelpreisträger Frits Zernike 1934 vor. Die Berechnung der Zernike-Polynome war damals noch extrem aufwendig.

Für die Rechenleistung heutiger PCs und moderner Lasermessgeräte mit integrierten CCD-Kameras ist das nun kein Problem mehr.



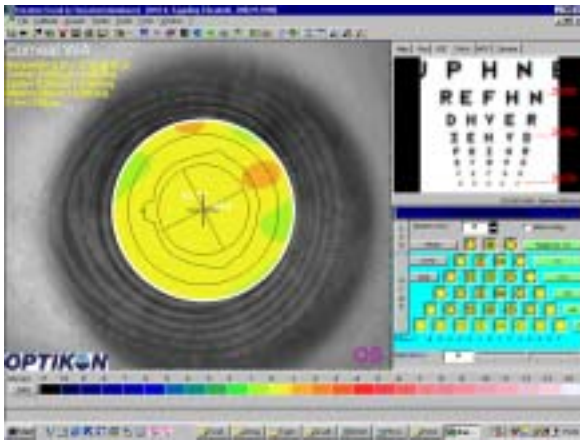
(Farbkodierte 2D Darstellung der Zernike Polynome bis zur 7.Ordnung)



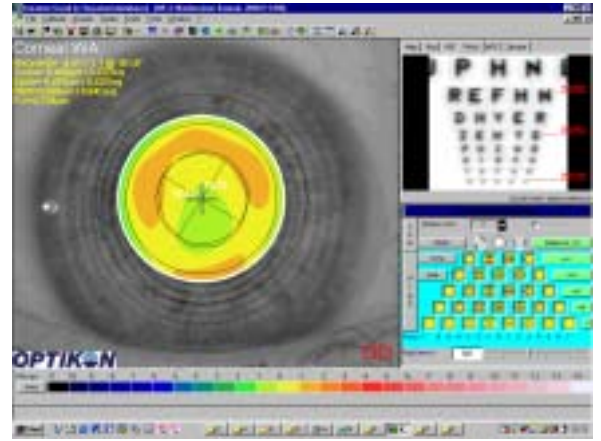
Dreidimensionale Darstellung einiger der obigen Zernike-Polynome (Myopie ,Astigmatismus ,Koma und Trefoil)

Moderne Wellenfronttechnologie

Zur bildlichen Wiedergabe dieser Berechnungen eignet sich das Wellenfrontmodell des Lichts besonders gut. Wenn man davon ausgeht, dass bei der idealen Abbildung sich alle Lichtstrahlen zum gleichen Zeitpunkt in einer ebenen Front befinden, die z.B. gelb dargestellt wird, so kann man alle „verspäteten“ Lichtstrahlen, die unter der Front liegen mit kälteren Farben und alle schnelleren vor der Front mit wärmeren Farben anschaulich darstellen. (siehe Darstellung der Zernike-Polynome und der Wellenfrontkarten)



Fast plane Wellenfront



Gestörte Wellenfront

An den unterschiedlichen Sehzeichen sieht man den Einfluss starker Aberrationen höherer Ordnung auf das Sehen.

Als Theo Seiler 1999 erstmals Patienten mit einer wellenfrontgeführten Lasik behandelte und einige davon eine Sehschärfe von 200% aufwiesen –normalsichtige Augen können 120 -160% erreichen– brach eine Begeisterungswelle aus und die „Operation Adlerrauge“ beschäftigte die Medien lange.

Diese Euphorie ist inzwischen einer sachlichen Betrachtungsweise gewichen, da z.B. die Aberrationen der Linse sich sowohl mit der Akkomodation als auch mit dem Lebensalter ständig ändern. Die gemessenen Wellenfrontdaten lassen sich bei der Behandlung selten genau auf die Hornhaut übertragen und Heilungsprozesse ändern oft die Hornhautoberfläche in nicht vorhersagbarer Art. Manche Aberrationen haben auch positive Nebeneffekte - z.B. Verbesserung der Tiefenschärfe. Es ist noch nicht sicher geklärt, ob unsere Messungen die subjektiv empfundene Seherfahrung hinreichend beschreiben und wie Aberrationen von unserem Gehirn ausgeglichen werden.

Die neue „Wellenfront Technologie“ stellt dennoch eine große Bereicherung der diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten dar.

Man kann inzwischen auch die von der Hornhaut verursachten Brechungsfehler von denen differenzieren, die durch das Innere des Auges erzeugt werden.

Menschen mit besonders stark ausgeprägten Aberrationen höherer Ordnung bzw. irregulärem Astigmatismus werden inzwischen erfolgreich mit der Wellenfronttechnologie behandelt. Mit dieser maßgeschneiderten Laserbehandlung, der „Customized Ablation“ können auch behandlungsinduzierte Aberrationen vermindert oder nachbehandelt werden.

Nur nach Durchführung der o.g. spezifischen Untersuchungen und Einbeziehung aller sonstige Befunde kann entschieden werden, ob und welche Art von „Customized Ablation“ für Sie sinnvoll sein könnte.