

Optische Äquivalent-Modelle für das menschliche Auge hinsichtlich Laserbehandlungen

K. Frey*, M. Palme, S. Riehemann, G. Notni

* Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF), Jena
mailto: katharina.frey@iof.fraunhofer.de

Da für Laserbehandlungen am Auge Vorversuche aus humanitären Gründen nicht möglich sind und meist nicht alle benötigten Informationen zur Verfügung stehen, ist in diesem Fall eine äquivalente Modellierung notwendig. Im Fall der Laserbehandlung am menschlichen Auge wird ein Äquivalentmodell eines Minischweineauges optisch simuliert. Mit den Simulationsdaten, den Ergebnissen aus den realen Laserversuchen an den Minischweinen und dem Vergleich mit dem simulierten humanen Augenmodell können Erkenntnisse über eine Laserbestrahlung am menschlichen Auge gewonnen werden.

1 Einführung

Mit zunehmenden Alter verliert die Augenlinse ihre Beweglichkeit und somit ihre Akkommodationsfähigkeit (**Abb.1**). Das Sehen in den Nahbereichen wird unscharf und das Lesen fällt schwerer.

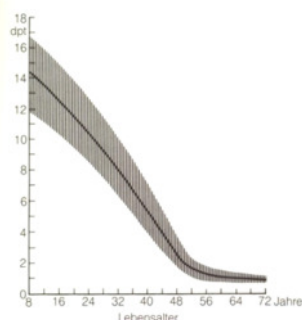


Abb.1: Abnehmen der Akkommodationsfähigkeit abhängig vom Alter [1]

Ein möglicher Therapieansatz ist das Erweichen des Linsenkerns durch Einbringen von Kavitäten in die Augenlinse mittels ultrakurzer Laserpulse.

Da für Laserbehandlungen am Auge Vorversuche aus humanitären Gründen nicht möglich sind und meist nicht alle benötigten Informationen zur Verfügung stehen, ist in diesem Fall eine äquivalente Modellierung notwendig, um die Folgen dieser Behandlung auf den Sehprozess abschätzen zu können. Das verwendete Modell muss mit der Behandlungssituation vergleichbar sein, damit es durch die anschließenden Vorversuche verifiziert werden und aussagekräftige Daten über die optischen Parametern liefern kann.

2 Simulation

Im Fall der Laserbehandlung am menschlichen Auge wurde nach Literaturrecherche ein humanes optisches Äquivalentmodell entwickelt [2]. Dieses Modell dient als Simulationsgrundlage für die Wirkung der Laserbehandlung auf die Störlichtverteilung auf der Netzhaut. Um die Wirkung der Behandlung auf den Sehprozess zu untersuchen, wurden Kontaktlinsen mit Laserpulsen beschossen und Probanden nach ihren Seheindrücken befragt. Diese ethisch noch vertretbaren Experimente sollten eine subjektive Aussage über die optische Wirkung der Kavitäten im Auge schaffen. Der spätere Ort der Eintragung bei Behandlung von Presbyopie ist jedoch die Augenlinse. Zur Anerkennung des Kontaktlinsen-Experiments als Analogversuch muss sichergestellt werden, dass die Verteilungsmechanismen der optischen Leitung in beiden Positionen in gleicher Tendenz wirken und in quantitativen Resultaten näherungsweise übereinstimmen.

Durch die Begrenzungen des optischen Rechenprogramms können die refraktiven und die diffraktiven Wirkungen nicht gleichzeitig simuliert werden. Aus diesem Grund wurden die beiden Wirkungen mit zwei Objekten simuliert und für die Störlichtverteilung überlagert [3].

Die hintereinander gestellte Wirkung einer refraktiven Kavitäten-Ebene und eines diffraktiven Beugungsgitters soll die in der Realität simultan wirkenden Effekte von Diffraktion und Refraktion simulieren.

3 Ergebnisse

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Simulationen für die unterschiedlichen Positionen der Kavitäten und des Beugungsgitters dargestellt. In Abb.2 sind das Simulationsmodell mit den Kavitäten und dem Beugungsgitter innerhalb einer Kontaktlinse und die Helligkeitsverteilung auf der Netzhaut dargestellt.

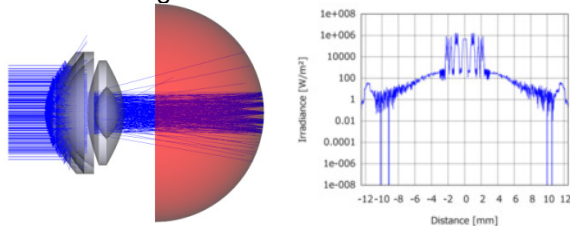


Abb.2: Störlicht-Simulation für das Modell mit dem Kavitäten-Array und Beugungsgitter in der Kontaktlinse und die Helligkeitsverteilung auf der Netzhaut

Das erhöhte Störlichtlevel ist gut zu erkennen, ebenfalls die deutlichen Peaks in der Mitte, die durch die regelmäßige Gitterstruktur verursacht werden.

Im Falle der Positionierung innerhalb der Augenlinse ergeben sich ähnlich Resultate, (vgl. **Abb.3**).

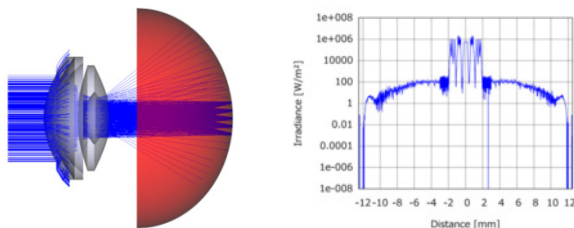


Abb.3: Störlicht-Simulation für das Augenmodell mit dem Kavitäten-Array und Beugungsgitter in der Augenlinse und die Helligkeitsverteilung auf der Netzhaut

Die Darstellungen und Ergebnisse für die beiden Fälle ähneln sich. Die Höhe der Peaks ist vergleichbar, der einzige Unterschied liegt zum einen in der Höhe des Hintergrundrauschens und in der Gesamtbreite des Beugungsmusters.

Anhand der Simulationsergebnisse zeigt sich, dass die strukturierte Anordnung der Kavitäten zu helleren Bereichen auf der Netzhaut führt und den Seheindruck beeinflussen kann. Die Ergebnisse der Probandenbefragung zeigten eine ähnliche Tendenz. Für den Seheindruck störend waren die regenbogenfarbigen Effekte, die durch die Beugung des strukturierten Gitters erzeugt werden.

4 Zusammenfassung

Die Kavitäten erzeugen zwar Störlicht und somit eine Anhebung des Hintergrundrauschens. Für den Sehvorgang störend wirken sich jedoch die Beugungsmuster durch die regelmäßige Verteilung der Kavitäten aus.

Diese aus den Simulationen entwickelte These wurde durch die Probandenversuche bestätigt. Das äquivalente Augenmodell kann zu weiteren Simulationen hinsichtlich der Streu- und Störlichtbeurteilung bei der Laserbehandlung herangezogen werden.

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des CoHS (Somit) – Projektes (13N8830) und den anderen Projektpartnern für die gute Kooperation.

Literatur

- [1] Duane, A.: „Normal values of the accommodation at all ages“, Journal of AMA 1912, Volume LIX, Number 12. Part2
- [2] Riehemann, S.; Palme, M.; Peschel, T.; Kunert, K.; Notni, G.; Blum, M.: “An accommodating optomechanical model of the aging human eye”, Journal of Modern Optics, submitted 2011
- [3] Zemax Optical Design Program, User’s Manual, 2011