

Neue Ansätze für die Behandlung von Presbyopie mit Hilfe ultrakurzer Laserpulse



Stefan Nolte¹



Matthias Will¹



Thomas Peschel



Martin Palme



Stefan Riehemann



Gunther Notni

¹ Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Angewandte Physik

Presbyopie (Altersweitsichtigkeit) ist die meist altersbedingte Verringerung der Akkommodationsfähigkeit des Auges. Das Auge ist nicht mehr in der Lage sich auf unterschiedliche Sehentfernungen einzustellen. Betroffen davon sind praktisch alle Menschen ab einem Alter von ca. 40–60 Jahren. Momentan werden die Einschränkungen üblicherweise durch Sehhilfen wie Lesebrillen oder Brillen mit Gleitsichtgläsern gemildert, wodurch die Akkommodationsfähigkeit aber nicht verbessert wird.

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojektes »Schonendes Operieren mit innovativer Technik (SOMIT) – Kopfchirurgisches Zentrum (CoHS)« wird der Einsatz ultrakurzer Laserpulse im Femtosekundenbereich für eine gezielte Strukturierung der Augenlinse untersucht, um so die zunehmend eingeschränkte Flexibilität der Linse, die als Ursache für die Presbyopie angesehen wird, zumindest teilweise wieder aufzuheben. Durch gezielte Energiedeposition im Fokus der Laserstrahlung (Abb. 1) über Mehrphotonenabsorptionsprozesse ist dabei eine Behandlung ohne Öffnung des Auges möglich.

Diese Untersuchungen bauen auf den Erfahrungen des Einsatzes von ultrakurzen Laserpulsen für die hochpräzise Mikrostrukturierung verschiedenster Werkstoffe auf, was seit Mitte der 90er Jahre ein Forschungsschwerpunkt ist /1/. Gerade im medizinischen Bereich hat sich daraus ein großes Anwendungspotential, z. B. im Dentalbereich für die hochpräzise Fertigung von Implantaten oder auch die gezielte, schädigungsarme Entfernung kariöser Bereiche ergeben. Bereits eingesetzt werden ultrakurze Laserpulse in der Augenheilkunde für die refraktive Korrektur von Fehlsichtigkeiten (sog. LASIK).

Hier wird mit ultrakurzen Pulsen eine dünne Scheibe der Hornhaut abgeschnitten, um im darunter liegenden Gewebe gezielt abtragen und damit Fehlsichtigkeiten korrigieren zu können /2/.

Am Institut für Angewandte Physik erfolgen die experimentellen Untersuchungen zur schädigungsarmen fs-Laserchirurgie an der Augenlinse. (Abb. 2, Abb. 3). Es werden optimale Bearbeitungsparameter im Hinblick auf minimale Schädigung des Auges (Linse, Netzhaut) sowie auf maximale Akkommodationsfähigkeit bei gleichzeitig minimaler Sichtbehinderung eruiert. Begleitend erfolgen am Fraunhofer IOF Simulationen zu den optischen und mechanischen Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des Auges (Abb. 4).

Literatur:

- /1/ Nolte, S.: "Micromachining", in *Ultrafast lasers: technology and applications*, Fermann, Galvanauskas, Sucha (Eds.), Decker, New York, p. 359–394 (2002), ISBN: 0-8247-0841-5.
- /2/ Dausinger, F.; Lichtner, F.; Lubatschowski, H. (Eds.): "Femtosecond Technology for Technical and Medical Applications", (Topics Appl. Phys. 96), Springer, Berlin (2004), ISBN: 3-540-20114-9.

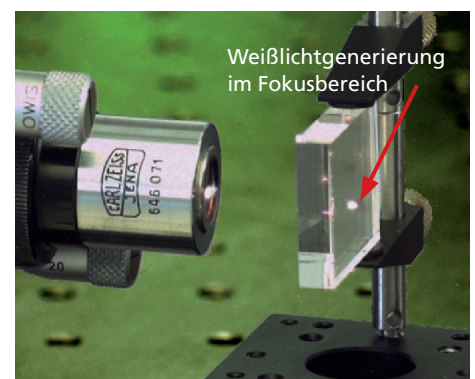


Abb. 1: Weißlichtgenerierung im Fokusbereich der Ultrakurzpuls-Laserstrahlung verdeutlicht die gezielte Energiedeposition innerhalb eines Glasblocks.

Fig. 1: White light generation in the focal area of ultra short laser radiation shows the localized energy deposition inside the volume of a glass.

New approaches for presbyopia treatment with ultra-short laser pulses

Presbyopia is the age-related decrease in the accommodation capability of the human eye. This results in the eye being unable to focus at different distances. In principle all people aged about 40–60 years are affected by this. To date these restrictions are usually reduced with the help of spectacles, however, this does not improve the accommodation capability itself.

Within the project “Schonendes Operieren mit innovativer Technik (SOMIT) – Kopfchirurgisches Zentrum (CoHS)” founded by the BMBF, the use of laser pulses in the femtosecond range for a systematic structuring of the human lens is investigated. Specific structuring and slice cutting should help to improve the flexibility of the lens, which is considered to be the reason for presbyopia. Ultra-short laser pulses allow the precise deposition of the laser energy in the focal area by using multi-photon absorption processes (Fig. 1). As a result we have the potential for a medical treatment without surgically opening the eye.

The investigations are based on experience with the use of ultra-short laser pulses for high precision micro-machining of different materials; a major field of research since the mid-nineties /1/. In medicine, particularly, there is a high potential for applications in fields like dentistry, where high precision implants are manufactured or caries are selectively removed. Currently, ultra-short laser pulses are used for the correction of long- or nearsightedness (LASIK). Here, the laser is used for cutting a thin slice off the cornea and ablating tissue behind it in order to correct the flaw /2/.

At the Institute of Applied Physics experimental investigations for eye lens structuring (Fig. 2, Fig. 3) are performed. Optimal parameters for minimal damage to the environment (lens, retina) and maximal accommodation capability with minimal sight restrictions are evaluated. Additional simulations of the optical and mechanical effects of the laser treatments are performed at the Fraunhofer IOF (Fig. 4).

References:

- /1/ Nolte, S.: “Micromachining”, in Ultrafast lasers: technology and applications, Fermann, Galvanauskas, Sucha (Eds.), Decker, New York, p. 359–394 (2002), ISBN: 0-8247-0841-5.
- /2/ Dausinger, F.; Lichtner, F.; Lubatschowski, H. (Eds.): “Femtosecond Technology for Technical and Medical Applications”, (Topics Appl. Phys. 96), Springer, Berlin (2004), ISBN: 3-540-20114-9.



Abb. 2: Für Bestrahlungsexperimente präparierte Augenlinse mit Ziliarmuskel.

Fig. 2: Dissected eye lens with ziliar muscle for irradiation experiments.

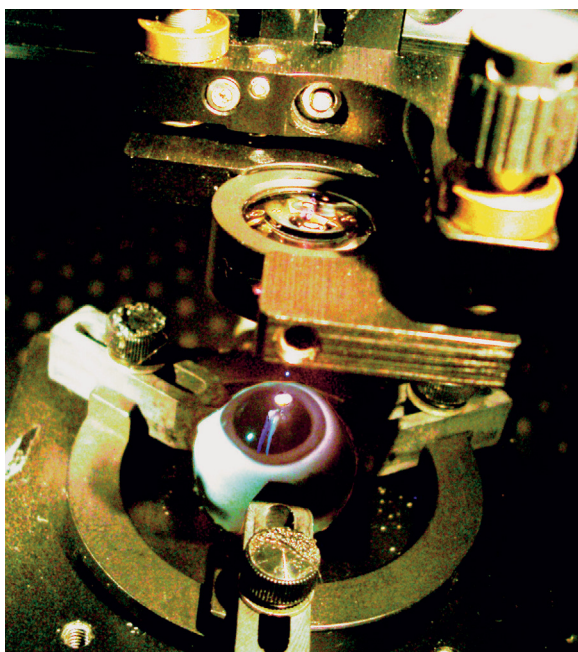


Abb. 3: Mikrostrukturierung eines Auges zur Fehlsichtigkeitskorrektur (Laborexperiment mit Schweineaugen).

Fig. 3: Microstructuring of an eye (lab-experiment with pig eyes).

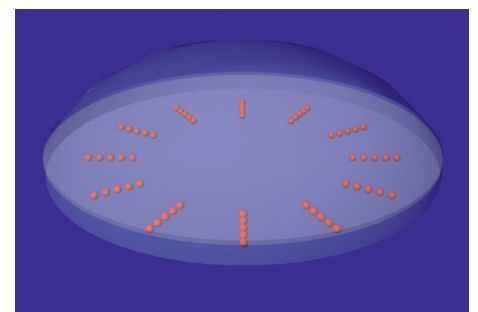


Abb. 4: Simulationsmodell einer menschlichen Augenlinse mit möglicher Presbyopie-Behandlung.

Fig. 4: Simulation model of potential presbyopia treatment of a human eye lens.