

# Quo vadis Lasertechnologie?

## Ein Update zur Anwendung an der Hornhaut

„Ich erinnere reich, dass ich und einer meiner Assistenten hierbei wie aus einem Munde ausriefen: ‚Wie gut er hineinpasst!‘ Dieses Moment des genauen Einpassens halte ich für das Entscheidende zur Erzielung eines Erfolges, auf dass der Lappen ringsum und der ganzen Dicke nach mit den Rändern des Loches in unmittelbarer Berührung steht und rasch mit ihnen verklebt.“

Diese Sätze von Eduard Zirm [1] im Jahr 1906 anlässlich der ersten erfolgreich durchgeführten Hornhauttransplantation haben auch heute noch Gültigkeit.

Der Femtosekundenlaser (FSL) wurde Ende der 1990er-Jahre in die Hornhautchirurgie eingeführt [2] und findet heute seinen Haupteinsatz in der präzisen Präparation der Lamelle während der Laser-in-situ-Keratomeileusis (LASIK)-Operation. Die hohe Schnittpräzision und die hieraus resultierende Sicherheit haben zur raschen und steten Verbreitung der FSL-Technologie in der refraktiven Laserchirurgie geführt. Die Anwendung des FSL im Bereich der Linsen Chirurgie ist ein weiteres Erfolgskapitel und bietet jenseits der Hornhaut neue, hochinteressante Einsatzmöglichkeiten für die FSL-Technologie [3].

Schon bald nach der Einführung der FSL-Technologie im refraktiven Bereich wurde die Hornhauttransplantation als Indikationsgebiet entdeckt. Die Möglichkeit, mit dem FSL mikrometergenaue, reproduzierbare Schnitte in der Hornhaut anzufertigen, eröffnete völlig neue operative Perspektiven. Der Traum von der nahtfreien perforierenden Keratoplastik schien durch diese Technik in greifba-

re Nähe zu rücken [4]. Trotz dieser theoretisch idealen Voraussetzungen hat der FSL sich dennoch nicht flächendeckend im kurativen Bereich der Hornhauttransplantation etablieren können [5]. Warum nicht?

Neben strukturellen Voraussetzungen (nicht jeder LASIK-Operateur führt Hornhauttransplantationen durch, und – vice versa – nicht jedem Transplanteur steht ein FSL zur Verfügung) haben sich zunehmend klinisch applikative Aspekte herauskristallisiert.

### » Der Großteil der Innovationen muss sich erst langfristig in der Patientenversorgung bewähren

Schon länger als die FSL-Keratoplastik wird in Deutschland die nichtmechanische Trepanation der Hornhaut mithilfe des Excimerlasers propagiert, mit der im Vergleich zur mechanischen Trepanation eine Reduktion des topographischen und refraktiven Astigmatismus nach Fadenzug erzielt wird [6]. Dennoch findet dieses Verfahren heutzutage keine breite Anwendung. Für den FSL konnte dieser Vergleich mit dem „Goldstandard“ – dem mechanischen Trepan – nicht konsistent zugunsten des FSL gezeigt werden. Dieses Faktum zusammen mit der Erfahrung, dass ödematöses und vernarbtes Gewebe der Hornhaut die FSL-Schnittführung erschweren, aber auch die hohen Anschaffungskosten eines FSL haben sicherlich zu dieser Entwicklung beigetragen.

Es erscheint mir deshalb sinnvoll, neben den großartigen Errungenschaften

der FSL-Technologie deren physikalische Grundlagen und mögliche Alternativen zu diskutieren.

Bei der Ausbreitung und Fokussierung der Laserstrahlung spielen Streuprozesse im Gewebe eine wichtige Rolle. Ich freue mich, dass *Prof. Plamann* uns die physikalischen Grundlagen und Interaktionen zwischen Wellenlänge und Hornhaut beleuchtet und über seine Arbeiten im nahen Infrarotbereich berichtet. Diese sind für das Verständnis unserer klinischen Erfahrungen und für eine weitere Optimierung von Lasersystemen zur Anwendung an der Hornhaut unumgänglich (s. *Plamann* in diesem Heft).

Unsere Arbeitsgruppe möchte Ihnen eine neue Anwendung des Lasers im mittleren Infrarotbereich (Wellenlänge  $\lambda = 3 \mu\text{m}$ ) vorstellen, die in ersten präliminären Experimenten eine nichtmechanische Trepanation der Hornhaut ermöglicht. Ob diese noch in den Kinderschuhen befindliche Technik in die klinische Anwendung gelangen wird, müssen allerdings weitere intensive Forschungsarbeiten zeigen (s. *Linke et al.* in diesem Heft).

Eine Verlagerung der Wellenlänge aus dem Infraroten in den UV-Bereich hat zur Folge, dass ein Photon ein Vielfaches an Energie mit sich trägt. Da die Schwellenenergie zur Photodisruption mit abnehmender Wellenlänge sinkt, reduziert sich damit auch der Kollateralschaden. Des Weiteren kann kurzwellige Strahlung deutlich stärker fokussiert werden. Hochinteressante Einblicke in mögliche Alternativen zum FSL erlaubt uns der Beitrag von *Prof. Vogel* (s. *Vogel et al.* in diesem Heft).

Abschließend wird uns *Prof. Seiler* über den aktuellen Stand und über mögliche zukünftige Entwicklungen in der refraktiven Laserchirurgie berichten (s. Seiler in diesem Heft).

Bei aller Freude über die möglichen technischen Entwicklungen bei der Laseranwendung an der Hornhaut darf jedoch nicht vergessen werden, dass sich der Großteil dieser Innovationen erst langfristig in der Patientenversorgung bewähren muss. Des Weiteren wird die erfolgreiche Anwendung der anspruchsvollen posterioren lamellären Keratoplastik (DMEK) in Anbetracht der hervorragenden klinischen Ergebnisse auch durch Anwendung eines kostenintensiven Lasers nur sehr schwer zu übertreffen sein.

Die Vision eines All-in-one-Lasersystems für den vorderen Augenabschnitt – von der Hornhautmodulation über die Hornhauttrepanation bis hin zur Anwendung an der Linse – scheint in Anbetracht der technischen Entwicklungen und Innovationsgeschwindigkeit dennoch in greifbare Nähe gerückt.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre und interessante, neue Einsichten!

Mit sommerlichen Grüßen aus Hamburg  
Ihr



Priv.-Doz. Dr. Stephan J. Linke

**Korrespondenzadresse**



**PD Dr. S.J. Linke**  
Klinik- und Poliklinik für  
Augenheilkunde, Universitäts-  
klinikum Eppendorf (UKE)  
Martinistr. 52, 20246 Hamburg  
slinke@uke.de

**Interessenkonflikt.** S.J. Linke gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

**Literatur**

1. Zirm EK (1906) Eine erfolgreiche totale Keratoplastik. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 64:580–593
2. Stern D, Schoenlein RW, Puliafito CA et al (1989) Corneal ablation by nanosecond, picosecond, and femtosecond lasers at 532 and 625 nm. Arch Ophthalmol 107:587–592
3. Lubatschowski H (2013) Update on fs laser technology in ophthalmology. Klin Monatsbl Augenheilkd 230:1207–1212
4. Seitz B, Brunner H, Viestenz A et al (2005) Inverse mushroom-shaped nonmechanical penetrating keratoplasty using a femtosecond laser. Am J Ophthalmol 139:941–944
5. Birnbaum F, Maier P, Reinhard T (2011) Perspectives of femtosecond laser-assisted keratoplasty. Ophthalmologie 108:807–816
6. Seitz B, Langenbacher A, Kus MM et al (1999) Non-mechanical corneal trephination with the excimer laser improves outcome after penetrating keratoplasty. Ophthalmology 106:1156–1164; discussion 1165

**DNA-Reparaturdefekt lässt Mäuse besser sehen**

Mäuse nutzen die DNA ihrer Sehzellen als Sammellinse, um nachts besser sehen zu können. Damit nehmen sie aber in Kauf, dass DNA-Schäden nicht mehr repariert werden können. Aus diesen Ergebnissen von Darmstädter Wissenschaftlern könnten neue Erkenntnisse für die Erforschung verschiedener Erkrankungen gewonnen werden.

Um schwaches Licht besser fokussieren zu können, liegt die DNA der Stäbchen-Sehzellen von Mäusen kompakt aufgerollt in der Mitte des Zellkerns. Aufgelockerte DNA würde das Licht streuen. Die DNA wird in den ersten Lebenswochen in diese Form und Position gebracht. Die kompakte Form hat aber einen Nachteil: DNA-Schäden können nicht mehr repariert werden.

Die Forscher haben untersucht, welche Veränderungen in der Sehzelle dazu führen, dass die Schäden nicht mehr repariert werden. Ihre Analysen ergaben, dass die Sehzellen ihre DNA nicht mehr auflockern können, weil spezifische molekulare Prozesse nicht mehr in Gang gesetzt werden. Die Fähigkeit, Defekte zu erkennen, ist hingegen intakt.

Die Stäbchen-Sehzelle der Maus ist bisher der einzige Zelltyp, der sich einen Defekt in der DNA-Reparatur zugunsten einer anderen Funktion leistet. Defekte in der Reparatur des Erbguts sind sonst nur in Zusammenhang mit Erkrankungen bekannt, wie der Ataxia teleangiectatica oder der Progeria.

Literatur: Frohns A et al (2014) Inefficient Double-Strand Break Repair in Murine Rod Photoreceptors with Inverted Heterochromatin Organization. Curr Biol. dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.061

**Quelle:**  
*Technische Universität Darmstadt,*  
[www.tu-darmstadt.de](http://www.tu-darmstadt.de)