

# Advanced Crosslinking

*OA Dr. Isaak Fischinger, FEBO*

*Berlin Eye Research Institute  
Berlin*





# Dresden Protokoll

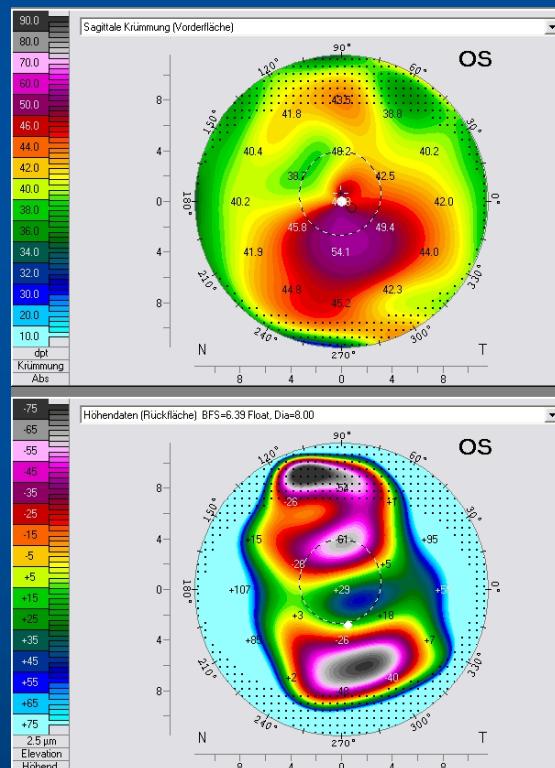
- Indikation: Keratokonus
- Abrasio
- 0.1% Riboflavin in 20% Dextran → 30 Minuten
- Bestrahlung mit UVA
  - Intensität 3 mW
  - Energie 5.4 J/cm<sup>2</sup>
  - 30 Minuten
- Gesamtdauer >1h



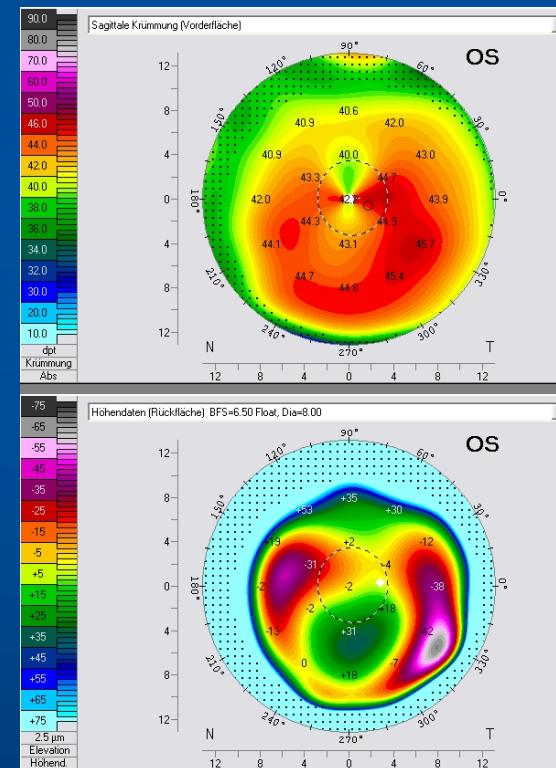
# Indikationen

## Progrediente Keratoktasie

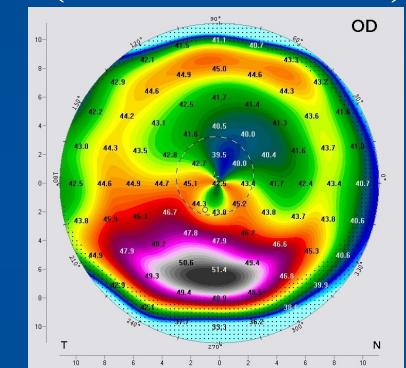
### Keratokonus



### PMD



### Iatrogene Ektasie (nach LASIK)



Andere: Mobius Terrien, therapieresistente Keratitis,  
Kombination mit refraktivem Eingriff



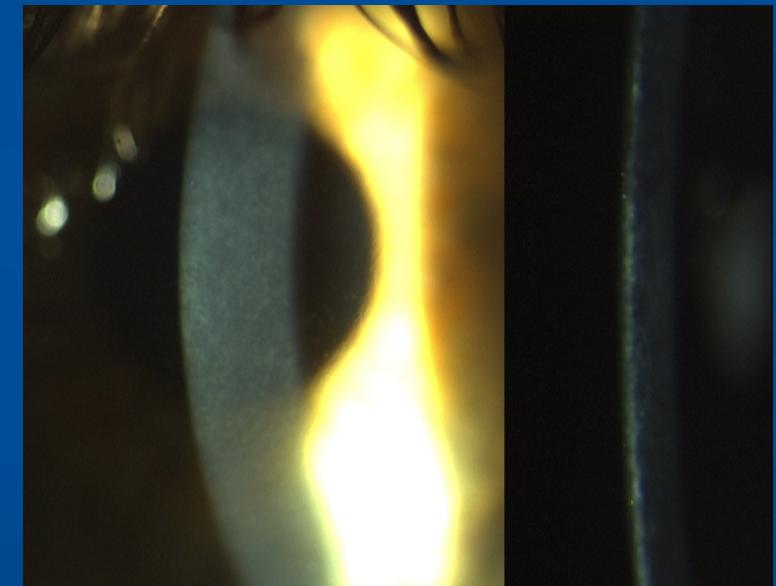
# Indikation CXL + refraktiver Eingriff

- PRK + CXL (bei Keratokonus): Athens protocol
- LASIK + CXL (bei erhöhtem “Keratectasia Risk Score”)

Ex vivo: Flap Adhäsion erhöht

Nachteile:

- 15% Erosio
- 40% DLK(Stage 1)
- 100% Haze
- Langsamere Visusrehabilitation



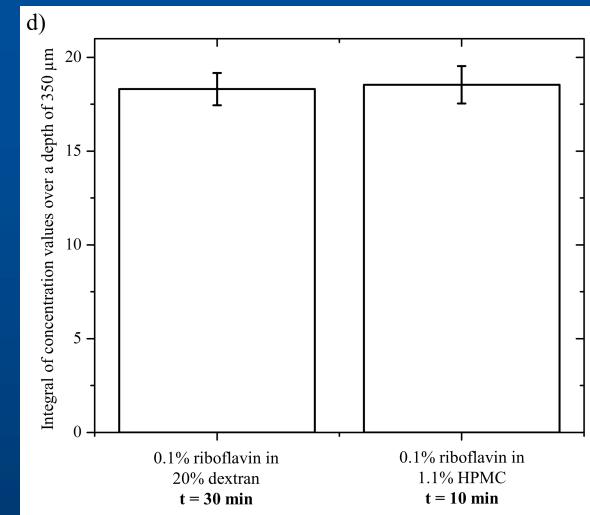
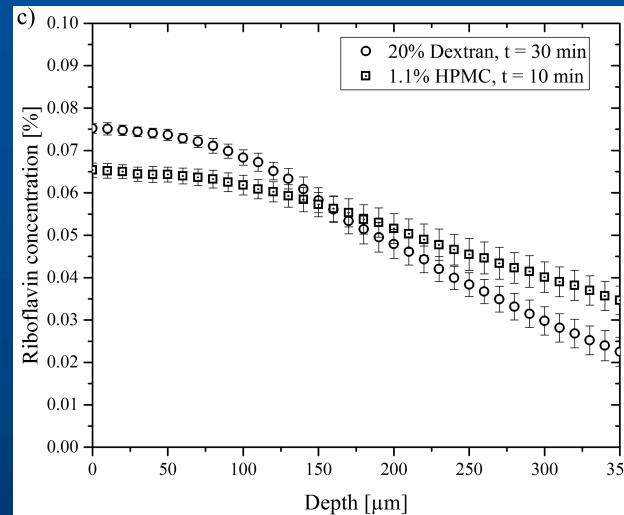
# Epi-on/off

- EDTA und BAC verbessert die Permeabilität des Epithels
- Epi-on:
  - Mehr Sicherheit
  - Weniger Schmerzen
  - Flachere Demarkationslinie
  - Weniger Abflachung
  - Mehr Progression
- Epi-off: Goldstandard



# Riboflavinlösungen

- 0,25% in BAC, EDTA, NaCl (epi-on CXL)
- 0,1% Riboflavin gelöst in:
  - 20% Dextran
  - NaCl (Hypoosmolar) → Hornhautdicke <400µm
  - HPMC (hydroxy propyl methyl cellulose)





# Riboflavinlösungen

HMPC Vorteile:

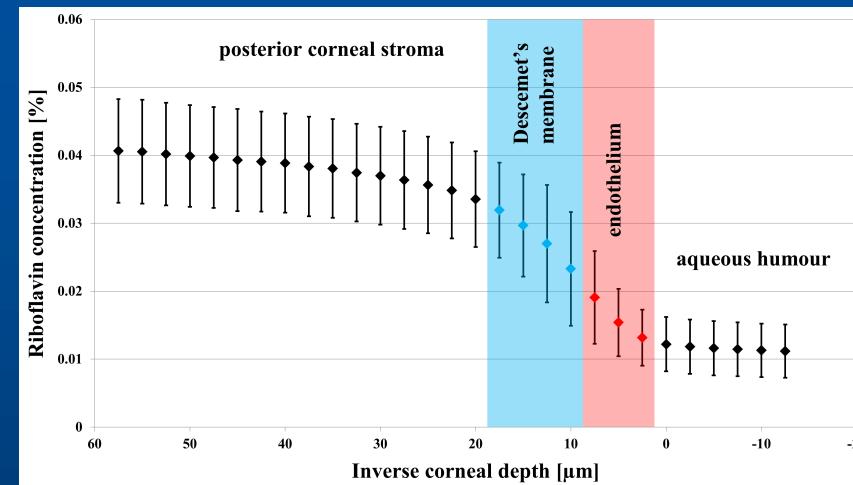
- Kürzere Applikationszeit
- Konstante Dicke
- Effektivität?: (klinisch keine Unterschiede)

# Intensität

- Je höher die Intensität desto kürzer das Verfahren
- 3 mW- ( 45mW)
- Klinische Anwendung bis 30mW
- Biomechanikmessungen (ex vivo): Höhere Intensität → geringerer Versteifungs-Effekt ( $O_2$  Abhängigkeit)
- Klinisch (in vivo): Anzeichen, dass CXL-Effekt bei höherer Energie abnehmend (geringere Abflachung/Regularisierung, flachere Demarkationslinie)
- Gleiche Komplikationsrate

## Endothelsicherheit

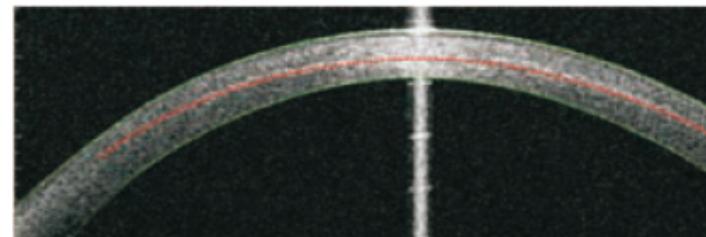
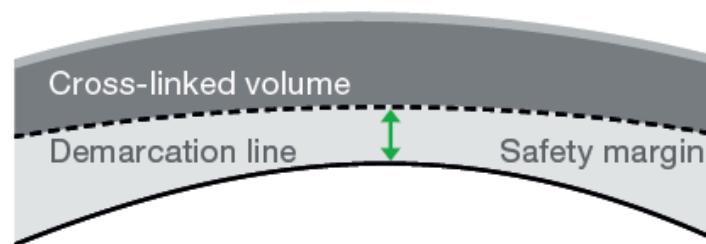
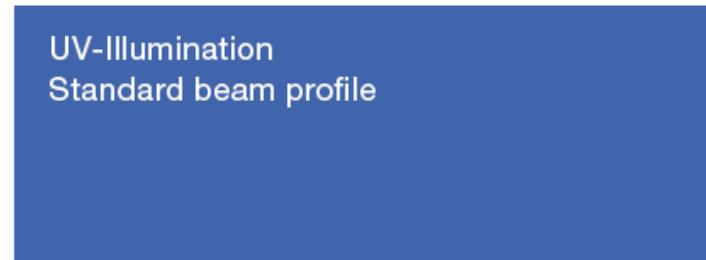
- Konzentration von Riboflavin am Endothel um Faktor 2 niedriger als bisher angenommen
- Erlaubt höhere Energie als bisheriges Limit ( $5.4\text{J/cm}^2$ )



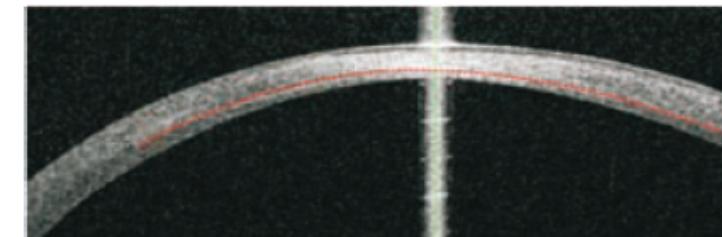
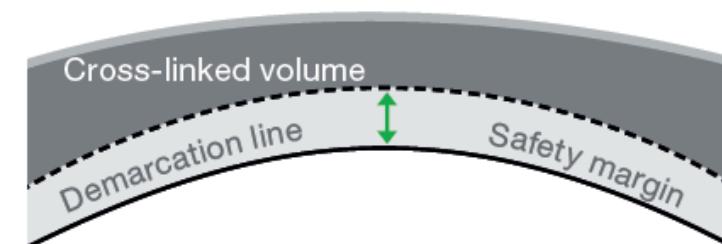
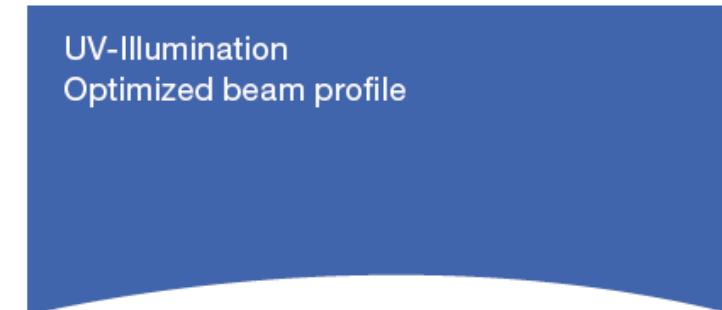


# Bestrahlungsprofil

## Standard beam profile



## UV-X™ 2000





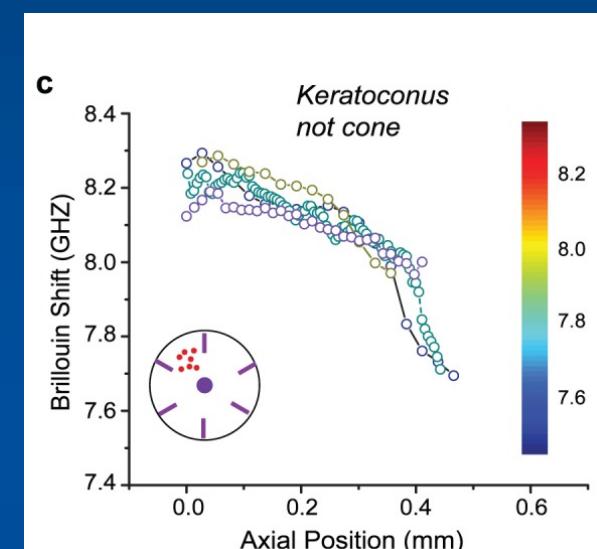
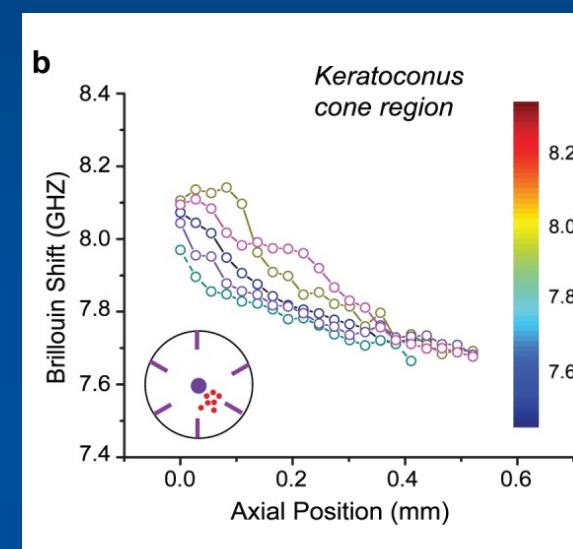
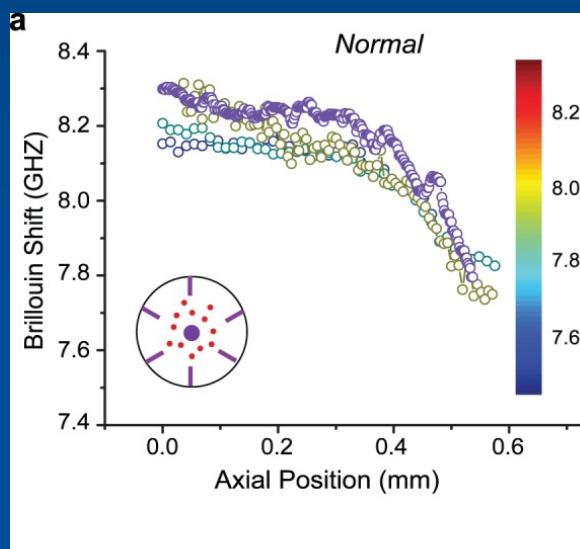
# Customized

- Personalisiertes Bestrahlungsprofil
- Eye tracking
- Warum customized?
- Worauf soll bestrahlt werden?
  - Kmax?
  - DünNSTE Stelle?
  - Max posterior elevation (Höhenkarte Rückfläche)





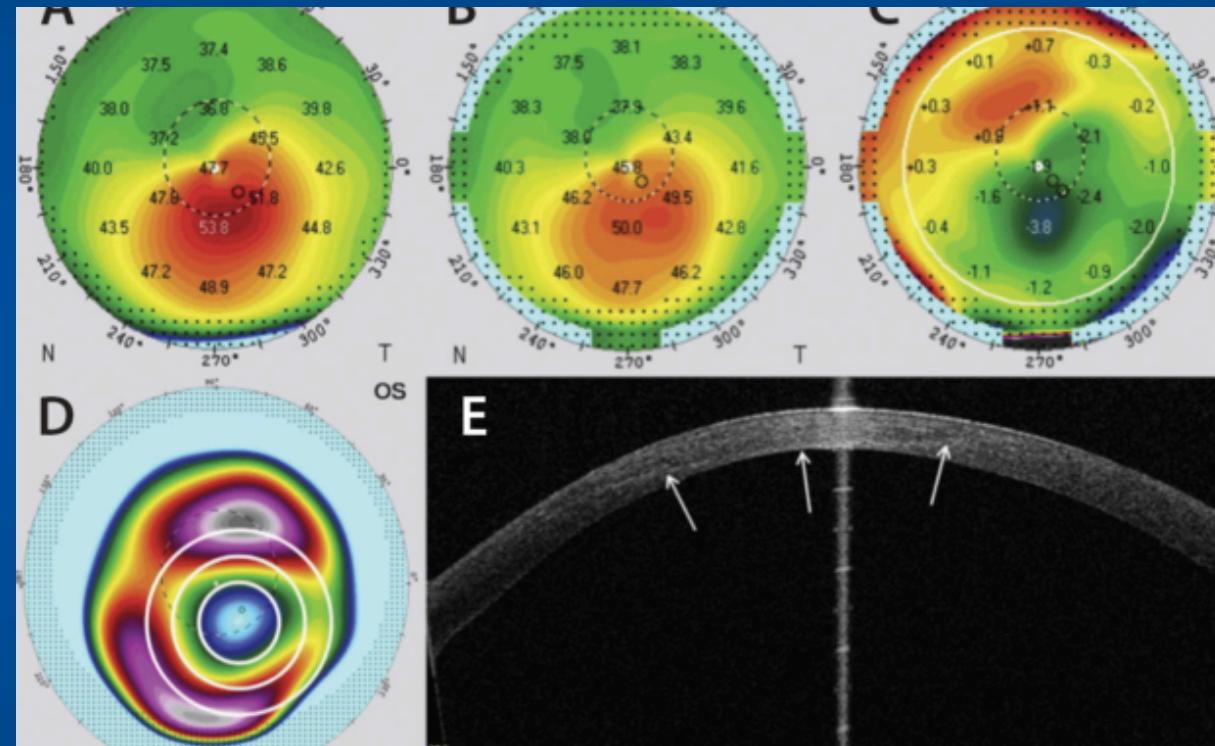
## Customized



Brillouin Mikroskopie von Keratokonus Hornhäuten



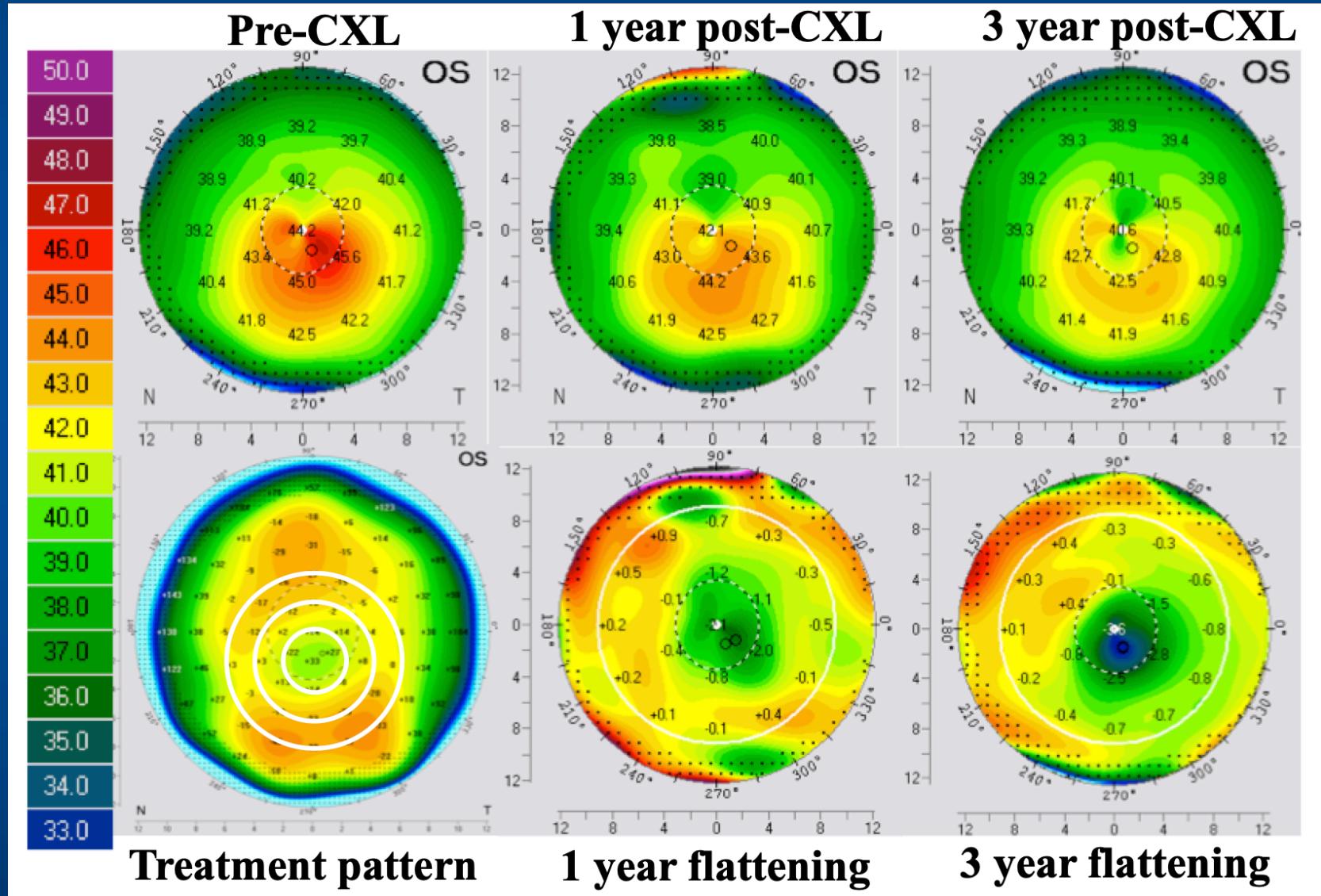
# Customized CXL



1-Jahres Verlauf



# Costumized CXL





# Customized CXL

- Vorteile:
  - Mehr Abflachung (Kmax)
  - Bessere Regularisierung der Hornhaut  
(höherer Regularisazion Index)
  - Kürzere Epithelheilungszeit



# Fazit

## Advanced Crosslinking

- Epi-off
- Riboflavin gelöst in HPMC (20 min Applikation)
- Accelerated (Bestrahlungszeit 3-10 Minuten)
- →Behandlungszeit <30 Minuten
- Energie bis 10J/cm<sup>2</sup>
- Customized CXL
  - Mehr Abflachung
  - Bessere Regularisierung