
Aus der Augenklinik und Poliklinik
Klinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. Siegfried Priglinger

**Biometrische Analysen der Linse und Hornhaut
vor und nach refraktiver Laserchirurgie mittels
Small Incision Lenticule Extraction**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Roman Wiktorowitsch Lischke

aus

Prokopjewsk

Jahr

2023

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Wolfgang Johann Mayer

Prof. Dr. Christos Haritoglou

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Aljoscha S. Neubauer

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter:

PD Dr. Nikolaus Luft

PD Dr. med. Mehdi Shajari

Dekan:

Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung:

23.03.2023

Affidavit



Eidesstattliche Versicherung

Lischke, Roman

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

Biometrische Analysen der Linse und Hornhaut vor und nach refraktiver Laserchirurgie mittels Small Incision Lenticule Extraction

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Sistrans, den 04.04.2023

Ort, Datum

Roman Lischke

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand

Inhaltsverzeichnis

Affidavit	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
Publikationsliste	6
Beitrag zu den Veröffentlichungen	7
1.1 Beitrag zu Paper I	7
1.2 Beitrag zu Paper II	9
2. Einleitung	11
2.1 Kapitel 1.1 Problematiken in der Berechnung von Intraokularlinsen-Stärken nach keratorefraktiven Eingriffen	11
2.2 Kapitel 1.2 Lösungsansätze	14
2.3 Kapitel 1.3 Zielsetzungen	17
3. Zusammenfassung	18
4. Abstract (English)	20
5. Literaturverzeichnis	22
Danksagung	24

Abkürzungsverzeichnis

IOL	Intraokularlinse
SMILE	Small incision lenticle extraction
FLEx	Femtosecond Lenticule Extraction
AL	Achsenlänge
K	geschätzte corneale Brechkraft nach keratorefraktivem Eingriff
Kpre	Corneale Brechkraft vor keratorefraktivem Eingriff
Rpre	Refraktionsfehler vor keratorefraktivem Eingriff
Rpost	Refraktionsfehler nach keratorefraktivem Eingriff
RCc	Chirurgisch induzierte Änderung des Refraktionsfehlers (Sphärisches Äquivalent) auf cornealen Ebene
LASIK	Laser-in-situ-Keratomileusis
PRK	Photorefractive keratotomy
TK	Total keratometry
TCRP	Total corneal refractive power
SS-OCT	Swept-Source Optische Kohärenztomographie

Publikationsliste

1. Lischke R, Mayer WJ, Feucht N, Siedlecki J, Wiltfang R, Kook D, Priglinger SG, Luft N. Total keratometry for determination of true corneal power after myopic small-incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg.* 2021 Oct 1;47(10):1285-1289. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000630. PMID: 33769762.
2. Lischke R, Shajari M, Feucht N, Kook D, Bechmann M, Wiltfang R, Priglinger SG, Mayer WJ. OCT- versus Scheimpflug-based Total Corneal Power Measurements Changes in Myopic Astigmatic SMILE Procedures. *Curr Eye Res.* 2021 Aug 8:1-6. doi: 10.1080/02713683.2021.1962362. Epub ahead of print. PMID: 34369205.
3. Lischke R, Sekundo W, Wiltfang R, Bechmann M, Kreutzer TC, Priglinger SG, Dirisamer M, Luft N. IOL Power Calculations and Cataract Surgery in Eyes with Previous Small Incision Lenticule Extraction. *J Clin Med.* 2022 Jul 29;11(15):4418. doi: 10.3390/jcm11154418. PMID: 35956035; PMCID: PMC9369542.

Beitrag zu den Veröffentlichungen

Auf Grund der hohen Komplexität des zu untersuchenden neuen Untersuchungswertes und der dafür investierten Zeit wurden beide Veröffentlichungen mit einem zweiten Erstautor publiziert.

1.1 Beitrag zu Paper I

Roman Lischke:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Visualisieren der Daten durch Erstellung von Grafiken, Verfassen des Manuskriptes und allgemeine Projektbetreuung.
Prof. Dr. Wolfgang J. Mayer:	Konzeption, methodische und statistische Auswertung, Review und Editing des Manuskriptes, Projektbetreuung und Supervision.
PD Dr. Nikolaus Feucht:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes.
PD Dr. Jakob Siedlecki:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes.
Dr. Rainer Wiltfang:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes.
Prof. Dr. Daniel Kook:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes.

Prof. Dr. Siegfried G. Priglinger: Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes.

PD Dr. Nikolaus Luft: Konzeption, methodische und statistische Auswertung, Review und Editing des Manuskriptes, Projektbetreuung und Supervision.

1.2 Beitrag zu Paper II

Roman Lischke:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Visualisieren der Daten durch Erstellung von Grafiken, Verfassen des Manuskriptes und allgemeine Projektbetreuung.
PD Dr. Mehdi Shajari:	Konzeption, methodische und statistische Auswertung, Review und Editing des Manuskriptes, Projektbetreuung und Supervision.
PD Dr. Nikolaus Feucht:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes.
Prof. Dr. Daniel Kook:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes.
Dr. Martin Bechmann:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes.
Dr. Rainer Wiltfang:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes.
Prof. Dr. Siegfried G. Priglinger:	Konzeption, Datengenerierung, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes.

Prof. Dr. Wolfgang J. Mayer: Konzeption, methodische und statistische Auswertung, Review des Manuskriptes, Projektbetreuung und Supervision.

2. Einleitung

2.1 Kapitel 1.1 Problematiken in der Berechnung von Intraokularlinsen-Stärken nach keratorefraktiven Eingriffen

Mit über fünf Millionen weltweit durchgeführten Eingriffen seit der internationalen Einführung im Jahr 2011, ist die Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) – Methode eine etablierte Intervention zur keratorefraktiven Korrektur von Myopie und Astigmatismus. SMILE, als Weiterentwicklung der Femtosecond Lenticule Extraction (FLEx) Methode, erzeugt in der intakten Hornhaut einen Lentikel, der anschließend manuell durch einen seitlichen, 2-3 mm großen Zugang vom Operateur entnommen und auf Vollständigkeit kontrolliert wird. Durchgeführt wird die Prozedur mit Hilfe des VisuMax Femtosekundenlaser der Firma Carl Zeiss Meditec.

Die Anzahl der refraktiv vorbehandelten Patienten, die einen grauen Star (Cataracta senilis) entwickeln, steigt kontinuierlich. So werden auch die mit der SMILE Methode behandelten Patienten stets älter und entwickeln in Teilen ebenfalls einen Katarakt. Dies wird Ophthalmologen künftig vor eine Herausforderung stellen, denn die exakte Intraokularlinsen-Berechnung (IOL power calculation) ist bei hornhautbehandelten Patienten erschwert.

Im Wesentlichen gibt es drei Problematiken in der IOL Power Kalkulation nach vorangegangenen keratorefraktiven Interventionen: Der keratomische Indexfehler (keratomic index error) stellt die signifikanteste Fehlerquelle dar.

Ein Brechungsindex beschreibt eine optische Materialcharakteristik. Licht wird an der Grenzfläche zweier Medien mit unterschiedlichen Brechungsindizes gebrochen und reflektiert. Beim dioptrischen Apparat des Auges überwindet Licht den größten Unterschied zweier optischer Dichten beim Passieren der Grenzfläche von Luft, dessen Brechungsindex circa 1 beträgt und der Hornhaut mit einem Brechungsindex von circa 1,33.¹

In der gängigen Keratometrie wird ein fiktiver standardisierter keratomischer Indexwert, von meist 1,3375, verwendet, um den gemessenen Radius der cornealen Vorderfläche in Dioptrien umzuwandeln. (Indexwerte von 1,336, 1332 und 1,338 finden ebenfalls je nach Hersteller und Region Anwendung.) Hierfür wird die Formel $P = (n - 1) / r$ verwendet, wobei P für die corneale Brechkraft in Dioptrien steht, n für den keratomischen Index und r für den Radius der Krümmung der Hornhautvorderfläche, angegeben in Metern. Bei der standardmäßig durchgeführten Keratometrie wird somit lediglich die Hornhautvorderfläche vermessen unter der Annahme, dass das Verhältnis zwischen der Hornhautvorder- und Hornhautrückfläche konstant ist. Nach dem schematischen Augenprinzip von Gullstrand beispielsweise beträgt dieses Verhältnis von der anterioren zur posterioren Hornhautoberfläche 0,883. Dies mag in nativen Augen auch zutreffen, jedoch mitnichten bei keratorefraktiv behandelten Augen. Hierbei wird meist die Vorderfläche modifiziert, die Rückfläche jedoch bleibt unbeeinflusst. Daraus lässt sich folgern, dass keratorefraktive Eingriffe das konstante Verhältnis zwischen anterioren und posterioren Hornhautkrümmung aufheben und der keratometrische Index ungültig wird.^{2,3}

Ein weiteres Hindernis stellt der Radiusfehler (radius error), auch Instrumentenfehler genannt, dar. Hier liegt die Fehlerquelle in der Annahme, dass die zentrale Zone, welche keratorefraktiv behandelt wurde, durch parazentrale Hornhautvermessungen extrapoliert werden kann. In Folge kann dies dazu führen, dass parazentral tiefere Hornhautkrümmungen gemessen werden als zentral. Besonders klinisch relevant ist dieser Umstand bei kleinen und dezentralen Behandlungen. Der Radiusfehler kann wiederum vernachlässigt werden, sollte die optische Zone 6 mm oder mehr betragen.²⁻⁴

Schließlich ist noch der Formfehler zu nennen. Drittgenerations IOL Kalkulationsformeln, wie Hoffer Q, Holladay 1 & 2 und SRK/T verwenden die axiale Länge (AL) und die corneale Brechkraft um die postoperative effektive Linsenposition (ELP) vorausszusagen. Da die Hornhautbrechkraft nach keratorefraktiven Eingriffen verringert ist, sich die Verhältnisse und Dimensionen in der Vorderkammer des Auges jedoch nicht verändert haben, kommt es zu der fehlerhaften Annahme, dass die ELP weiter anterior liegt.^{2,3}

Alle diese Problematiken in der Berechnung von Intraokularlinsen nach refraktiven Eingriffen führen letzten Endes zu einer Überschätzung der cornealen Brechkraft, was postoperativ, nach Linsenimplantation, zu hyperopen Refraktionsfehlern führen kann.

2.2 Kapitel 1.2 Lösungsansätze

Diverseste Methoden wurden entwickelt, um die oben genannten Fehlerquellen zu minimieren. Holladay publizierte bereits 1989 die „clinical history method“, auf die sich später auch Hoffer bezieht. Diese Methode basiert auf der Tatsache, dass die endgültige Änderung des Brechungsfehlers, die das Auge durch eine Operation erhält, nur auf eine Änderung der effektiven Hornhautbrechkraft zurückzuführen ist. Addiert man diese Brechungsänderung zur präoperative Hornhautbrechkraft, erhält man die effektive postoperative Hornhautbrechkraft. Dafür erforderlich sind die Hornhautradien (K-Werte), sowie die die Refraktion vor und nach dem keratorefraktiven Eingriff. Daraus ergibt sich folgende Formel:

$$K = K_{\text{pre}} + R_{\text{pre}} - R_{\text{post}} \text{ oder } K = K_{\text{pre}} + RC_c^{2,5}$$

Darüber hinaus wurden mittels empirischer Optimierung Formeln zur Berechnung von IOL Stärken entwickelt, von denen einige präoperative keratorefraktive Daten verwenden (Masket, Modified-Masket oder Barrett True-K), andere verzichten wiederum auf diese präoperativen Werte (Shammas, Barrett True-K no history oder Haigis-L). Die Haigis-L Formel beispielsweise ist eine statistikbasierte Regressionsformel, die im IOLMaster (Carl Zeiss Meditec AG) integriert ist und die mit dem Gerät gemessen biometrischen Daten direkt verwendet.⁶

Jedoch erscheint die Validität von Formeln, die für Excimer-basierte photoablative Verfahren [Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK) oder photorefraktive Keratotomie (PRK)] optimiert wurden, wie beispielsweise die Masket-Formel, fraglich, da SMILE im Vergleich zu LASIK signifikant andere Hornhautformänderungen hervorruft.⁷

Auch wurden neue Technologien eingeführt, welche es ermöglichen sowohl Hornhautvorder-, als auch Rückseite zu vermessen und somit die Möglichkeit bieten akkurate Vorhersagen über die wahre corneale Brechkraft zu treffen.

Total Corneal Refractive Power (TCRP) ist ein solcher Messwert, der Vorder- und Rückfläche der Hornhaut berücksichtigt. Für die Messung wird ein in sich rotierender Scheimpflug-Tomograph (Pentacam; Oculus Optikgeräte GmbH) verwendet. Bei der hier zur Anwendung kommenden Ray Tracing Methode findet eine Simulation von Brechungen parallel einfallender Lichtstrahlen an der Hornhautvorder- und -rückfläche statt. Mittels des Brechungsgesetzes von Snellius lassen sich somit die Brennweiten an jeder Position bestimmen ⁸

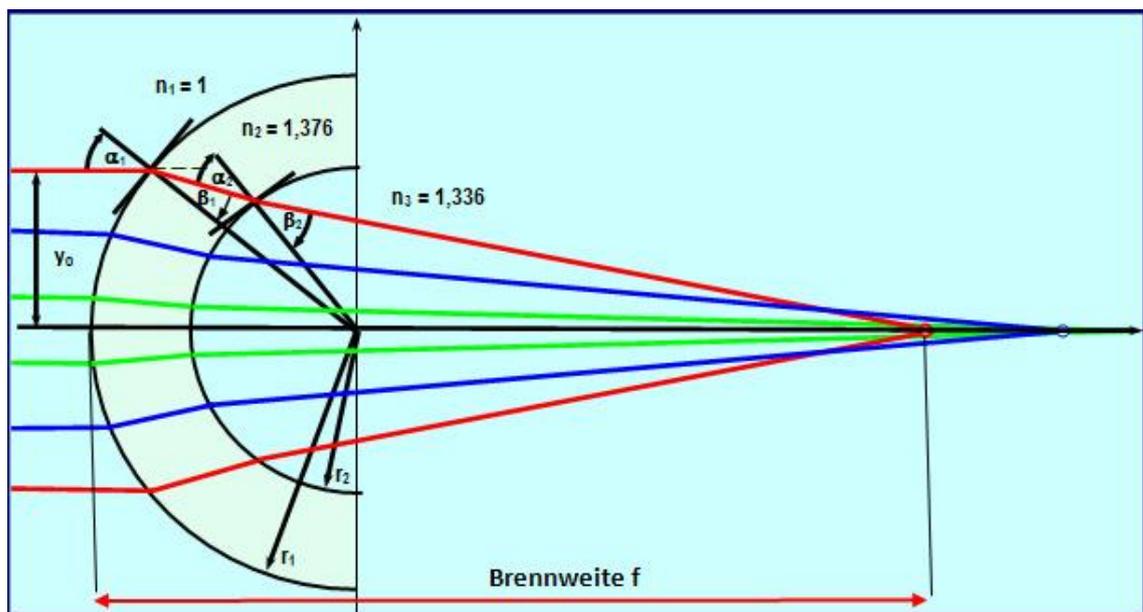


Abbildung 1: Berechnung Total Corneal Refractive Power mittels Ray-Tracing. Durch die Bestimmung der jeweiligen Brennweite lässt sich für jeden Punkt der Hornhaut die refraktive Brechkraft berechnen (Brechkraft = n_3/f).⁸

Kürzlich wurde eine weitere Messmethode der cornealen Brechkraft, „Total Keratometry“ (TK) durch die Firma Carl Zeiss Meditec AG vorgestellt. Das Verfahren misst die corneale Vorderfläche durch eine telezentrische 3-Zonen

Keratometrie (1,5; 2,5 und 3,2 mm entfernt von der Hornhautmitte) und die hintere Hornhautoberfläche mittels eines Swept-Source Optischen Kohärenztomographen (SS-OCT), zusätzlich wird die corneale Pachymetrie integriert. Ein wesentlicher Vorteil der Total Keratometry besteht darin, dass sie direkt in klassische IOL-Berechnungsformeln integriert werden kann, während bestehende optimierte IOL-Konstanten weiterhin verwendet werden können (Klaproth O, Persönliche Kommunikation, 23.03.2020).⁹

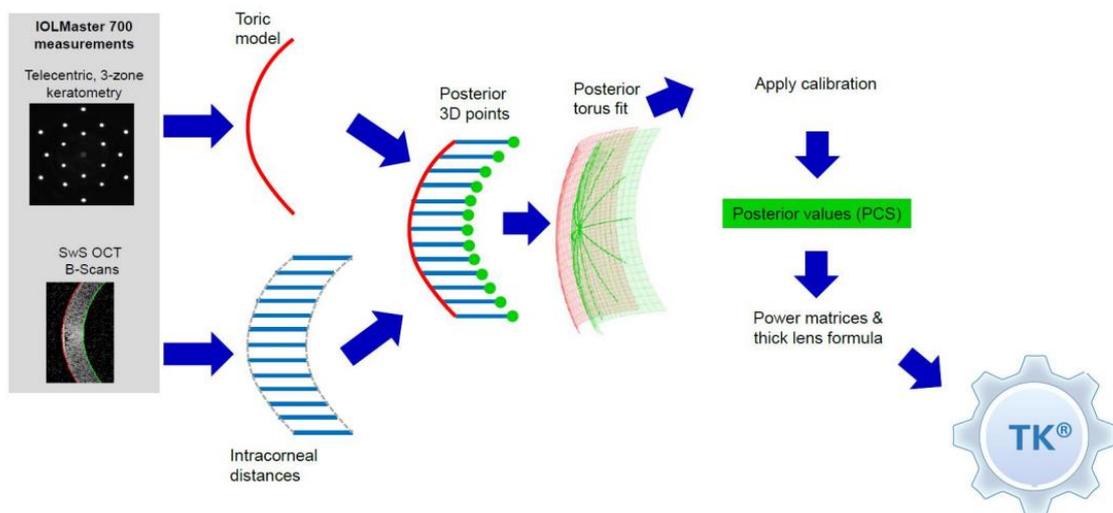


Abbildung 2: Total Keratometry Messprinzip¹⁰

2.3 Kapitel 1.3 Zielsetzungen

Chan et al. konnte in seiner Arbeit wesentliche Unterschiede zwischen der cornealen Scheimpflug Bildgebung und der OCT-Tomographie in Augen mit vorangegangener LASIK-Behandlung nachweisen. Die Reliabilität der OCT-basierten Technologie zeigt sich als signifikant höher.¹¹

Auch der Gebrauch des OCT-gestützten Keratometriewertes „Total Keratometry“ in IOL-Kalkulationen zeigte, sowohl in unbehandelten Augen¹², als auch in keratorefraktiv behandelten Augen (PRK und LASIK) eine Überlegenheit gegenüber der herkömmlichen Keratometrie.¹³

Das übergeordnete Ziel der hier vorgelegten Arbeiten ist es mittels prospektiver Studien den neu zur Verfügung stehenden cornealen Messwert, Total Keratometry (TK), in durch die SMILE-Methode vorbehandelten Augen zu evaluieren und insbesondere mit dem aktuell präzisesten cornealen Brechkraftwert, Total Refractive Power (TCRP) zu vergleichen.

3. Zusammenfassung

Eine akkurate Intraokularlinsenberechnung bei Augen mit vorangegangenen keratorefraktiven Eingriffen ist durch zahlreiche Faktoren erschwert. Zum einen führen parazentrale Messung der traditionellen Keratometern zu einer Überschätzung der cornealen Brechkraft (radius error), zum anderen tendieren einige IOL Kalkulationsformeln zu einer zu anterioren postoperativen Linsenposition (formula error). Noch gravierender ist die Annahme, dass sich das Verhältnis der cornealen Vorderfläche zur Rückfläche nach keratorefraktiven Eingriffen nicht verändert. Alle diese Faktoren können nach Linsenimplantation zu unerwünschten hyperopen Refraktionsfehlern führen.

In den vorliegenden Arbeiten soll ein neu zur Verfügung stehender Messwert für die tatsächliche corneale Brechkraft in Augen mit zu voriger SMILE-Operation untersucht werden. Zusätzlich soll dieser auf OCT-basierende Wert mit dem auf Scheimpflug-basierenden und aktuell akkuratesten cornealen Brechkraftwert, Total Corneal Refractive Power verglichen werden.

Hierfür wurden zwei prospektiven Studien mit 40 und 69 Augen initiiert. Mit Hilfe von linearen Regressionsuntersuchungen und Bland-Altman-Analysen wurden die postoperativen TK- und TCRP-Messwerte mit der Clinical History Method in Bezug gesetzt. Die CHM gilt als etablierte Methode für die Berechnung der tatsächlichen cornealen Brechkraft nach keratorefraktiven Eingriffen. Dieselben statistischen Untersuchungen wurden angewandt, um die Korrelation und die Übereinstimmung in den Unterschieden zwischen den jeweiligen präoperativen und postoperativen Messungen der Hornhautstärke (Δ TCRP, Δ TK) und der chirurgisch induzierten refraktiven Veränderung an der Hornhautebene (Δ SEco)

zu untersuchen. Zusätzlich wurde eine Vektoranalyse des TCRP- und TK-abgeleiteten Astigmatismus durchgeführt.

Die Untersuchungen zeigten eine stärkere Korrelation zwischen TK und CHM ($R^2=0,91$) als zwischen TCRP und CHM ($R^2=0,87$). Im Vergleich zu CHM, unterschätzte TCRP die Hornhautbrechkraft um einen mittleren relativen Fehler von 0,59 dpt und TK um 0,17 dpt. Die lineare Regressionsanalyse von $\Delta\text{TCRP}/\Delta\text{TK}$ und der Differenz zwischen dem sphärischen Äquivalent der präoperativen und postoperativen manifesten Refraktion auf der Hornhautebene (ΔSEco) zeigte eine stärkere Korrelation bei ΔTK ($R^2=0,88$) als bei ΔTCRP ($R^2=0,82$).¹⁴ Diese Aussage bestätigte sich auch, als man die Subgruppen mit hohem und niedrigem Astigmatismus bildete (Niedriger Astigmatismus: $R^2 = 0,978$ vs $0,743$; hoher Astigmatismus: $R^2 = 0,980$ vs $0,959$). Die Vektoranalyse zeigte nahezu identische Ergebnisse bezüglich des Korrekturindex (CI) für TK und TCRP. Beim Vergleich des Differenzvektors (DV) zwischen beiden Parametern lagen die von TK abgeleiteten Ergebnisse näher am Optimum.¹⁵

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Arbeiten Total Keratometry (TK) in Augen nach SMILE als einen zuverlässigen Messwert für die corneale Brechkraft eruieren konnten. Es bleibt abzuwarten, ob sich diese rein theoretischen Ergebnisse sich in klinisch durchgeführten Kataraktoperationen mit Linsenimplantation bewahrheiten.

4. Abstract (English)

Accurate intraocular lens calculation in eyes with prior keratorefractive surgery is complicated by a number of factors. The first and most significant pitfall lies in the so-called keratometric index error. In traditional keratometry, only the anterior corneal curvature is measured, while the posterior corneal curvature is empirically extrapolated based on the assumption that the ratio between the anterior and posterior corneal curvature (A/P ratio) is constant, which is not the case after keratorefractive surgery. Secondly, some standard IOL calculation formulae tend to predict a more anterior effective lens position (formula error). Thirdly, the central zone of effective corneal power, that had been artificially treated by keratorefractive surgery, is estimated from traditional (paracentral) keratometry measurements. Therefore, the corneal power tends to be overestimated (instrument error). All these factors concordantly predispose to an underestimation in required IOL power and therefore lead to dissatisfying hyperopic residual refractive error after IOL implantation in eyes with prior myopic keratorefractive surgery.^{2,14,16}

The aim of this present work was to gauge the value of total keratometry (TK) to estimate corneal power change in eyes that underwent SMILE for treatment of myopia or myopic astigmatism.

For this purpose, two prospective studies with 40 and 69 eyes were initiated. The correlation between the CHM and postoperative mean TCRP / TK was investigated by linear regression analyses, also the Pearson correlation coefficient (R^2) was calculated. Furthermore, a Bland-Altman analysis was performed to assess the agreement between parameters. Identical statistical

methods were used to compare the clinical history method (CHM), which is considered as a traditional method of corneal power calculation after keratorefractive surgery, and the difference between preoperative and postoperative measurements of corneal power (Δ TCRP, Δ TK) to the surgically induced refractive change at the corneal plane (Δ SEco). Vector analysis of TCRP- and TK-derived astigmatism was performed to evaluate the corneal astigmatism.^{14,15}

The investigations showed a stronger correlation between TK and CHM ($R^2=0.91$) than between TCRP and CHM ($R^2=0.87$). Compared to CHM, TCRP underestimated corneal power by a mean relative error of 0.59 D and TK by 0.17 D. Linear regression analysis of Δ TCRP/ Δ TK and the difference between preoperative and postoperative manifest refraction spherical equivalent at the corneal plane (Δ SEco) showed stronger correlation in Δ TK ($R^2=0.88$), than in Δ TCRP ($R^2=0.82$).¹⁴ These results were confirmed in astigmatic subgroups of high and low astigmatism (low astigmatism: $R^2 = 0.978$ vs 0.743 ; high astigmatism: $R^2 = 0.980$ vs 0.959). The vector analysis demonstrated nearly identical results concerning the correction index (CI) for TK and TCRP. Comparing the difference vector (DV) between both parameters, TK-derived results were closer to the optimum.¹⁵

These findings endorse TK as an accurate measure for corneal power after myopic SMILE. It remains to be seen whether these purely theoretical results can be translated into actually performed cataract surgery and IOL power calculation.

5. Literaturverzeichnis

1. Behrends J, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H, S F. *Duale Reihe Physiologie*. 4 ed: Georg Thieme Verlag (Stuttgart); 2021.
2. Hoffer KJ. Intraocular lens power calculation after previous laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(4):759-765.
3. Savini G, Hoffer KJ. Intraocular lens power calculation in eyes with previous corneal refractive surgery. *Eye Vis (Lond)*. 2018;5:18.
4. Savini G, Carbonelli M, Barboni P, Hoffer KJ. Clinical relevance of radius of curvature error in corneal power measurements after excimer laser surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36(1):82-86.
5. Holladay J. Comments in consultations in refractive surgery. *Refractive Corneal Surg*. 1989;5:203.
6. Haigis W. Intraocular lens calculation after refractive surgery for myopia: Haigis-L formula. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(10):1658-1663.
7. Gyldenkerne A, Ivarsen A, Hjortdal J. Comparison of corneal shape changes and aberrations induced By FS-LASIK and SMILE for myopia. *J Refract Surg*. 2015;31(4):223-229.
8. Die Topographie-Karten der Pentacam.
<https://www.pentacam.com/de/augenarzt-operativ-ohne-pentacamr/technik/topographie-karten.html>. Accessed 10.01.2022, 2022.
9. Srivannaboon S, Chirapapaisan C, Chonpimai P, Locket S. Clinical comparison of a new swept-source optical coherence tomography-based optical biometer and a time-domain optical coherence tomography-based optical biometer. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(10):2224-2232.
10. ZEISS IOLMaster 700 Replacing assumptions with measurements.
<https://www.zeiss.com/content/dam/z/med/reference-master/myzeiss/product-insights/iolmaster-700/iolmaster-700-sw-1-80-tk-customer-presentation-en-32-150-0064i.pdf>. Accessed 10.01.2022.
11. Chan TCY, Biswas S, Yu M, Jhanji V. Longitudinal Evaluation of Cornea With Swept-Source Optical Coherence Tomography and Scheimpflug Imaging Before and After Lasik. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94(30):e1219.
12. Fabian E, Wehner W. Prediction Accuracy of Total Keratometry Compared to Standard Keratometry Using Different Intraocular Lens Power Formulas. *J Refract Surg*. 2019;35(6):362-368.
13. Wang L, Spektor T, de Souza RG, Koch DD. Evaluation of total keratometry and its accuracy for intraocular lens power calculation in eyes after corneal refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2019;45(10):1416-1421.

14. Lischke R, Mayer WJ, Feucht N, et al. Total keratometry for determination of true corneal power after myopic small-incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg.* 2021;47(10):1285-1289.
15. Lischke R, Shajari M, Feucht N, et al. OCT- versus Scheimpflug-based Total Corneal Power Measurements Changes in Myopic Astigmatic SMILE Procedures. *Curr Eye Res.* 2022;47(1):12-17.
16. Luft N, Siedlecki J, Schworm B, et al. Intraocular Lens Power Calculation after Small Incision Lenticule Extraction. *Sci Rep.* 2020;10(1):5982.

Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Siegfried Priglinger für die Möglichkeit diese Arbeit an seiner Klinik durchführen zu dürfen.

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Wolfgang J. Mayer für die Chance, an diesen spannenden Projekten mitwirken zu dürfen. Mein aufrichtiger Dank gilt ebenfalls Herrn PD Dr. Nikolaus Luft und PD Dr. Mehdi Shajari. Ich danke allen für die hervorragende Betreuung, ständige und tatkräftige Hilfsbereitschaft, sowie für die zahlreichen Ratschläge. Ohne diese Unterstützung wäre das Erheben, Analysieren und Verfassen dieser Arbeit nicht möglich gewesen.