

# IOL-Berechnung nach LASIK auf Basis physikalischer Messdaten

P. Hoffmann

---

## Einleitung

Der Kataraktchirurg wird heute zuweilen mit Patienten konfrontiert, die sich in der Vorgeschichte einer laserchirurgischen Augenkorrektur unterzogen haben. Die Berechnung einer Intraokularlinse mit den marktüblichen Formeln [1–4], die auf Gaußscher Optik beruhen, ist bei diesen Augen erschwert. Dieses hat im Fall einer stattgehabten Myopiekorrektur drei Gründe, die wir „unhappy triad“ genannt haben:

- die Asphärizität ( $e < 0$ ) der Hornhaut unterscheidet sich stark von der Modellannahme
- der Quotient Rückflächen-/Vorderflächenradius ist deutlich kleiner als in der Modellannahme
- in den amerikanischen Formeln [1, 2, 3] wird der mittlere Radius zur Abschätzung der postoperativen Linsenposition herangezogen

Leider wirken sich alle drei Fehler bei Myopiekorrektur in dieselbe Richtung aus, nämlich Unterschätzung der erforderlichen Linsenbrechkraft. Zahlreiche Vorschläge zur Umgehung der genannten Probleme wurden gemacht [5]. Prinzipiell kann unterschieden werden in Methoden mit und ohne Kenntnis der präoperativen Daten. Erfahrungsgemäß sind entsprechende Daten in der Mehrheit der Fälle nicht verfügbar. Die meisten „no history“-Methoden beruhen auf einer statistischen Korrektur der gemessenen Hornhautradien. Stellvertretend für viele andere sei hier die Methoden nach Haigis [6], die im IOLMaster mitgeliefert wird, genannt.

Wir haben an elf Augen, die eine LASIK oder PRK in der Vorgeschichte hatten und 2011 bis 2012 bei uns an einer Katarakt operiert wurden, überprüft, ob eine IOL-Berechnung, die sich unabhängig von statistischen Korrekturen ausschließlich an physikalischen Messdaten orientiert, die Präzision der IOL-Berechnung verbessern kann.

## Material und Methoden

Wir untersuchten und operierten neun Augen von fünf Patienten nach Myopiekorrektur und zwei Augen eines Patienten nach Hyperopiekorrektur. Alle hatten sich zwischen 1993 und 2010 einer LASIK oder PRK unterzogen; ein Patient davon im eigenen Haus. Bei den fünf anderen waren keine präoperativen Daten zu eruieren (Tab. 1).

	Anamnese	Präop. Refraktion	Besonderheiten
42-jähriger Mann	LASIK 2005 in Istanbul, keinerlei Daten	ca. -4 ?	Brillenfreiheit gewünscht
48-jähriger Mann	LASIK 2002 mit MEL-70, alle Daten vorhanden	-7.25	extrem hoher Anspruch („kann mit Brille nicht leben“)
55-jährige Frau	LASIK 2004, keinerlei Daten	ca. -5 ?	will partout Multifokal-IOL
53-jährige Frau	PRK 1993, keinerlei Daten	ca. -6 ?	
56-jährige Frau	LASIK 1998, keine Daten	ca. -15 ?	kleine optische Zone
61-jähriger Mann	MIOI-Implantation und LASIK 2010	ca. +1 ?	

**Tab. 1:** Übersicht der Patienten

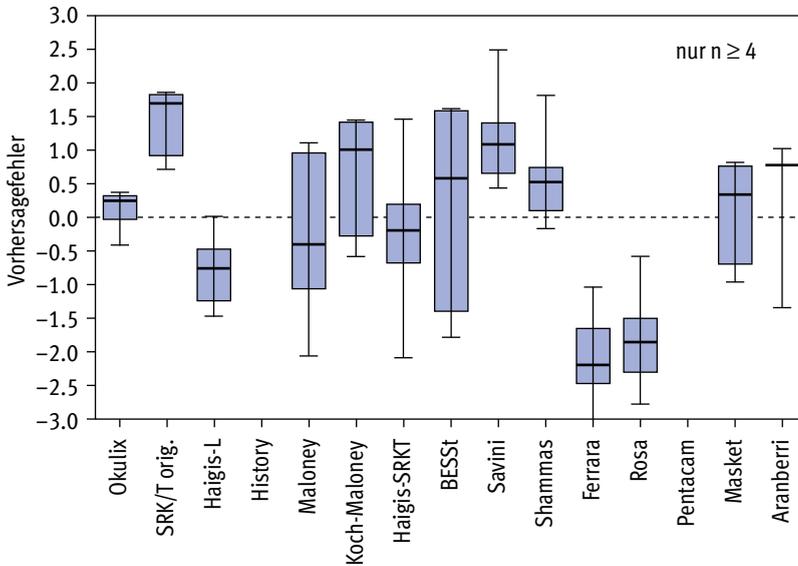
Bei allen Patienten wurden neben der Standardbiometrie (Zeiss IOLMaster V5) eine Messung mit dem Lenstar (Haag-Streit) (Hornhautdicke, Vorderkammertiefe, Linsendicke, Achsenlänge, Hornhauradien) sowie eine kombinierte Placido-/Scheimpflug-Topografie (TMS5, Tomey) durchgeführt. Diese Topografie liefert neben den Radien und der Exzentrizität auch Informationen über den Rückflächenradius. In zwei Fällen waren auch Daten aus der Pentacam HiRes (Oculus) verfügbar.

Die so ermittelten Daten wurden in eine Ray-Tracing-Software (Okulix V8.68) übernommen und für die Brechkraftberechnung der IOL genutzt [7]. Wir bevorzugten in allen Fällen nach Myopie-LASIK eine asphärisch-aberrationskorrigierende Linse (AMO Tecnis), um der ohnehin schon oblaten Hornhautgeometrie entgegenzuwirken. Parallel dazu wurden retrospektiv die verfügbaren Daten in das Hoffer-Savini-Spreadsheet [5] eingegeben und die dort verfügbaren Berechnungsmethoden durchgeführt. Als Referenz für eine unkorrigierte Berechnung diente die SRK/T-Formel [3], die international besonders populär ist.

Die Operation wurde in allen Fällen als Phakoemulsifikation mit temporalem postlimbalen 2,2-mm-Zugang durchgeführt. Als Grundlage für die Berechnung des Vorhersagefehlers diente die subjektive Refraktion vier bis sechs Wochen nach der Katarakt-OP.

## Ergebnisse

Die erhaltenen Vorhersagefehler sind in den Abbildungen 1 und 2 gezeigt. Nicht bei allen Patienten lagen alle im Hoffer-Savini-Spreadsheet abgefragten Eingangsparameter vor. Wir haben daher nur die Methoden abgebildet, die bei mindestens der Hälfte der Augen anwendbar waren. Leider waren valide präoperative Daten in sechs von acht Fällen nicht vorhanden. Daher schieden die „clinical history“-Methode sowie alle anderen, für die präoperative Hornhauradien und/oder refraktive Veränderung bekannt sein müssen, aus.



**Abb. 1:** Vorhersagefehler als Boxplot. Das Kästchen repräsentiert die 25. bis 75. Perzentile, der Mittelstrich den Median (50. Perzentile), die „Schnurrhaare“ die 5. und 95. Perzentile

Es ist klar erkennbar, dass teilweise erhebliche systematische Fehler (Median stark von null verschieden) als auch unsystematische Streuung (Größe des Kästchens) vorliegen. Die Ray-Tracing-Berechnung mit TMS5-Daten hat klar die kleinste Fehlerstreuung bei sehr kleinem systematischen Fehler.

## Diskussion

Die Ray-Tracing-Berechnung auf der Basis von TMS5-Topografiedaten zeigt sich in diesem Patientenkollektiv den Methoden, die auf Gaußsche Optik setzen und die zu erwartenden Fehler durch Umformung der effektiven Hornhautradien („corneal power“) zu minimieren trachten, deutlich überlegen. Die Vorhersagegenauigkeit ist bei diesen Augen (Achsenlängebereich 22,66 bis 29,03 mm) nicht schlechter als im Gesamtkollektiv nicht voroperierter Augen. Natürlich ist aufgrund des kasuistischen Charakters dieser Untersuchung keine statistische Aussage möglich. Der Trend dürfte dennoch eindeutig sein.

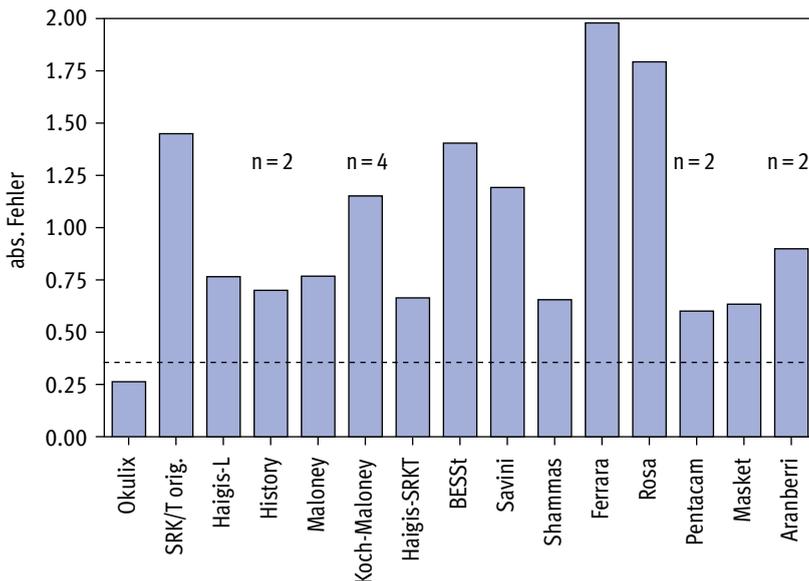
Ein Blick in die Übersichtsarbeit von Savini [5] zeigt teilweise bessere Ergebnisse als bei unseren Patienten. Dies hat mehrere Gründe. Anders als bei uns wurden keine Patientengruppen untersucht, bei denen weder präoperative Befunde noch die genaue Korrekturhöhe bekannt waren. Zudem haben wir asphärisch-aberrationskorrigierende Linsen verwendet; deren Justierung erfolgt in den Berechnungen

auf Gaußscher Basis durch Axialverschiebung der virtuellen Linsenposition (z. B. „A-Konstante“). Diese Justierung passt in der bei uns vorliegenden Kombination oblater LASIK-Hornhaut mit prolater IOL nicht mehr und muss als nicht sachgerecht bezeichnet werden.

Die im Zeiss IOLMaster V5 mitgelieferte und in Deutschland populäre Haigis-L-Formel [6] ist ebenfalls eine regressive Umformung der gemessenen Hornhautradien:

$$r_{corr} = \frac{331,5}{-5,1625 \times r_{meas} + 82,2603 - 0,35}$$

Diese wurde aus einem Kollektiv von 157 Augen abgeleitet, zu dem wir auch selbst beigetragen haben, und führt zu einem mittleren Fehler von null in diesem Kollektiv. Der statistische Ansatz kann allerdings im Einzelfall größere Fehler liefern, insbesondere dann, wenn Abtragsprofil, Ausgangswerte oder verwendete IOL (aberrationskorrigierend!) von den Mittelwerten des Ausgangskollektivs abweichen. Bei unseren neun Augen fanden wir einen systematischen Fehler von Median  $-0,75$  dpt und einen unsystematischen Fehler. Die „no history“-Methode nach Shammas [8] liefert ähnliche Ergebnisse, allerdings mit anderem Vorzeichen des Fehlers. Alle anderen Methoden waren entweder nicht anwendbar oder lieferten schlechtere Ergebnisse.



**Abb. 2:** Mittlerer Absolutfehler (MAE). Die gestrichelte Linie entspricht dem Niveau, das man mit optimaler Biometrie in einem nicht voroperierten großen Kollektiv erreichen kann

Im Fall der Hyperopie-LASIK existieren nur wenige Werkzeuge, die den Chirurgen auf Basis Gaußscher Optik unterstützen. Alle bis auf die Haigis-L-Methode für Hyperopie [9] benötigen präoperative Daten, die in unserem Fall nicht vorlagen. Die Haigis-Methode war ebenfalls nicht anwendbar, da die Augen bereits mit Multifokallinsen unbekannter Brechkraft voroperiert waren. Im Fall der Ray-Tracing-Berechnung war dies sogar vorteilhaft, weil die per Lenstar gemessene IOL-Position für die Berechnung der Austauschlinse direkt genutzt werden konnte.

Die genannten Probleme („unhappy triad“) werden durch Ray-Tracing mit TMS5-Topografie vollständig vermieden. Vorder- und Rückflächenradien können direkt genutzt werden, ebenfalls liegen die Informationen über Exzentrizität und Dezentrierung der Ablationszone vor. Statistische Korrekturen sind nicht notwendig. Ein verbleibendes Problem ist die Messgenauigkeit der Topografie insbesondere bei schlecht benetzten Augen. Unseres Erachtens sollte das Problem der IOL-Berechnung bei nicht modellnahen Augen physikalisch anstatt mit statistischen Methoden angegangen werden.

## Literatur

1. HOFFER KJ: The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas. Errata: JCRS 1994; 20:677. J Cataract Refract Surg 1993;19:700–712
2. HAIGIS W: IOL calculation according to Haigis. 1996. Available at: <http://www.augenklinik.uni-wuerzburg.de/uslab/ioltxt/haie.htm> [Accessed January 25, 2012]
3. RETZLAFF JA, SANDERS DR, KRAFF MC: Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. J Cataract Refract Surg 1990;16:333–340
4. HOLLADAY JT, PRAGER TC, CHANDLER TY et al.: A three-part system for refining intraocular lens power calculations. J Cataract Refract Surg 1988;14:17–24
5. SAVINI G, HOFFER KJ, CARBONELLI M, BARBONI P: Intraocular lens power calculation after myopic excimer laser surgery: clinical comparison of published methods. J Cataract Refract Surg 2010;36:1455–1465
6. HAIGIS W: Intraocular lens calculation after refractive surgery for myopia: Haigis-L formula. J Cataract Refract Surg 2008;34:1658–1663
7. PREUBNER P-R, WAHL J, WEITZEL D: Topography-based intraocular lens power selection. J Cataract Refract Surg 2005;31:525–533
8. SHAMMAS HJ, SHAMMAS MC: No-history method of intraocular lens power calculation for cataract surgery after myopic laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 2007;33:31–36
9. HAIGIS W: IOL Calculation after Refractive Laser Surgery for Hyperopia. In: Goes F, ed. Lens Surgery after Previous Refractive Surgery. New Dehli: Jaypee; 2011:55–59