

Optische Biometrie bei extrem langen Augen

W. Haigis

Zusammenfassung

Es gibt keine Hinweise für fehlerhafte IOLMaster-Achslängenmessungen an hochmyopen Augen. Messwerte und zurückgerechnete Achslängen unterscheiden sich nicht bei Verwendung korrekter IOL-Konstanten. Scheinbare Unterschiede werden durch die Wahl unpassender Linsenkonstanten verursacht.

Summary

There are no indications for the IOLMaster to produce erroneous axial length measurements in highly myopic eyes. With appropriate IOL constants, back-calculated and measured axial lengths are not significantly different. An apparent difference is caused by using inappropriate lens constants.

Einleitung

Extrem lange Augen mit Achslängen >30 mm sind zwar mit $\approx 1,2$ % in der Kataraktbevölkerung vergleichsweise selten, nicht jedoch bei Patienten, die sich einem refraktiv-chirurgischen Eingriff unterziehen wollen. Insofern haben solche Augen in den letzten Jahren besondere Aufmerksamkeit auf sich gezogen, stellen sie doch für Biometrie und Intraokularlinsen-(IOL-)Berechnung besondere Herausforderungen dar. So nimmt die Staphyloin-Inzidenz von ca. 5 % bei Achslängen von 28 mm bei 32 mm langen Augen auf 50 % zu [1], was eine präzise Ultraschallmessung sehr erschwert. Erst die optische Biometrie mit ihrer Messung entlang der Sehachse hat dieses Problem entschärft.

Hohe Achslängen führen im Verein mit flachen Hornhauradien zunehmend zum sog. „cusp error“ bei der SRK/T-Formel [2]. Dieser beruht auf der Berechnung fehlerhafter IOL-Stärken durch einen imaginär werdenden Wurzelausdruck innerhalb dieser Formel.

Weitere kritische Achslängen finden sich in einem Bereich zwischen 31 und 32 mm, in dem der Übergang von Plus- über Plano- auf Minuslinsen stattfindet. Obwohl verschiedene IOL-Formeln unterschiedliche Achslängenabhängigkeiten des refraktiven Vorhersagefehlers aufweisen [3], findet man bei extrem langen Augen nach übereinstimmenden Literaturberichten (z. B. [4]) für alle Formeln hyperope Refraktionsabweichungen, sogar bei 0-dpt-Linsen.

In Modellrechnungen [5] wie auch anhand klinischer Daten [4] konnte gezeigt werden, dass sich diese hyperopen Abweichungen von der Zielrefraktion auf die Verwendung nur eines IOL-Konstantensatzes für Plus- und Minuslinsen zurückführen lassen und durch unterschiedliche Konstantensätze vermieden werden können.

Gelegentlich wird zur Erklärung dieser klinischen Refraktionsbefunde auch über vermeintliche systematische Messabweichungen bei der optischen Achslängen-

messung mit dem Zeiss IOLMaster spekuliert [6, 7]. Ziel dieser Studie ist daher die Klärung der Frage, ob Achslängenmessungen mit dem Zeiss IOLMaster bei hochmyopen Augen systematische Messfehler aufweisen.

Material und Methoden

Refraktive Ergebnisse von 88 hochmyopen Patienten, die in zwei verschiedenen Zentren (Universitätsaugenklinik Tübingen, Praxis Dr. P. Hoffmann & Partner, Castrop-Rauxel) mit einer Alcon MA60MA versorgt worden waren, wurden retrospektiv analysiert. Hierzu wurden die effektiven Achslängen aus den tatsächlich erreichten Refraktionen zurückgerechnet und mit den IOLMaster-Messwerten verglichen. Plus- und Minuslinsen wurden dabei sowohl durch unterschiedliche als auch durch gleiche IOL-Konstantensätze charakterisiert.

Bestimmung der effektiven Achslänge durch Rückrechnung aus der Refraktion

Ausgehend von der elementaren IOL-Formel

$$P = \frac{n}{L - d} - \frac{n}{\frac{n}{K + \frac{Rx}{1 - dx \cdot Rx}} - d}$$

ergibt sich nach kurzer Umrechnung für die effektive Achslänge L

$$L = \frac{n \cdot \left(\frac{n}{K + \frac{Rx}{1 - dx \cdot Rx}} - d \right)}{P \cdot \left(\frac{n}{K + \frac{Rx}{1 - dx \cdot Rx}} - d \right) + n} + d \quad (1),$$

wobei P : IOL-Brechkraft; Rx : Refraktion; n : Brechungsindex von Kammerwasser; d : effektive IOL-Position; K : Hornhautbrechkraft; dx : Scheitelabstand; L : Achslänge.

Für die IOL-Position gilt in der Haigis-Formel [8] (VK : präoperative Vorderkammertiefe):

$$d = a_0 + a_1 \cdot VK + a_2 \cdot L \quad (2)$$

mit den Linsenkonstanten a_0 , a_1 und a_2 .

Verwendete IOL-Konstanten

Wie man dem Ausdruck für L (Gl.(1)) entnehmen kann, gehen die effektive Linsenposition d (Gl.(2)) und damit die Linsenkonstanten a_0 , a_1 und a_2 in die Rückrechnung der Achslänge ein. Für die folgenden Berechnungen wurden zwei Szenarios zugrunde gelegt, die in Tabelle 1 zusammengefasst sind. In Szenario 1 werden die in der ULIB-Liste [9] für die Pluslinsen der MA60MA-Serie veröffentlichten Konstanten sowohl für Plus- als auch für Minuslinsen verwendet, während Szenario 2 die für die jeweiligen Linsen zutreffenden Konstantensätze der ULIB-Liste benutzt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Vergleichs zwischen rückgerechneten und mit dem IOLMaster gemessenen Achsenlängen sind in Tabelle 1 und in den Abbildungen 1 und 2 zusammengefasst. So ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (0.01 ± 0.52 mm, $p = 0.82$) und eine hohe Korrelation ($R = 0.96$) bei einer Steigung ($m = 1.03 \pm 0.03$) von praktisch 1 für die auf verschiedene Weise gewonnenen Achslängen, wenn unterschiedliche Konstanten für Plus- und Minuslinsen verwendet wurden (Szenario 2). Wurde dagegen nur ein Konstantensatz für alle Linsen verwendet (Szenario 1), so erhielt man einen signifikanten Unterschied (0.35 ± 0.76 mm, $p < 0.001$), eine geringere Korrelation ($R = 0.90$) und eine von 1 deutlich abweichende Steigung ($m = 0.81 \pm 0.04$).

Die gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und rückgerechneten Achslängen bei Verwendung individueller Konstantensätze sowie die schlechte Übereinstimmung für nur einen Konstantensatz ist auch direkt den Abbildungen 1 und 2 zu entnehmen.

	MA60MA +dpt			MA60MA -dpt		
	a0	a1	a2	a0	a1	a2
Szenario 1	5,92	0,4	0,1	5,92	0,4	0,1
Szenario 2	5,92	0,4	0,1	-4,00	0,4	0,1

Tab. 1: Rechenbedingungen für die Rückrechnung der Achslänge aus der Refraktion: Szenario 1: Konstanten a_0, a_1, a_2 für Pluslinsen auch für Minuslinsen verwendet. Szenario 2: unterschiedliche Konstanten a_0, a_1, a_2 für Plus- und Minuslinsen

	ΔAL [mm]	R	m
Szenario 1	$0,35 \pm 0,76$	0,90	$0,81 \pm 0,04$
Szenario 2	$0,01 \pm 0,52$	0,96	$1,03 \pm 0,03$

Tab. 2: Differenz zwischen gemessener und berechneter Achslänge ΔAL sowie Korrelationskoeffizient R und Steigung m für die Abhängigkeit der berechneten von der gemessenen Achslänge für beide Szenarios

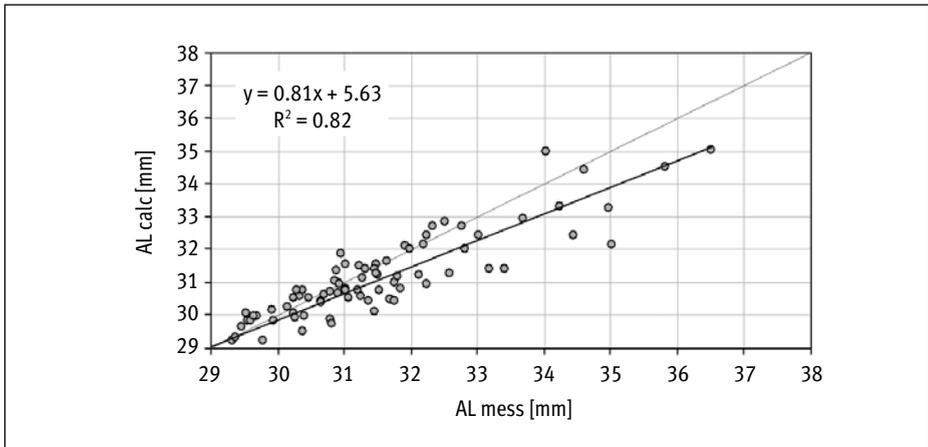


Abb. 1: Zusammenhang zwischen rückgerechneten (AL calc) und mittels IOLMaster gemessenen (AL wahr) Achslängen bei Verwendung nur eines Konstantensatzes für Plus- und Minuslinsen (Szenario 1)

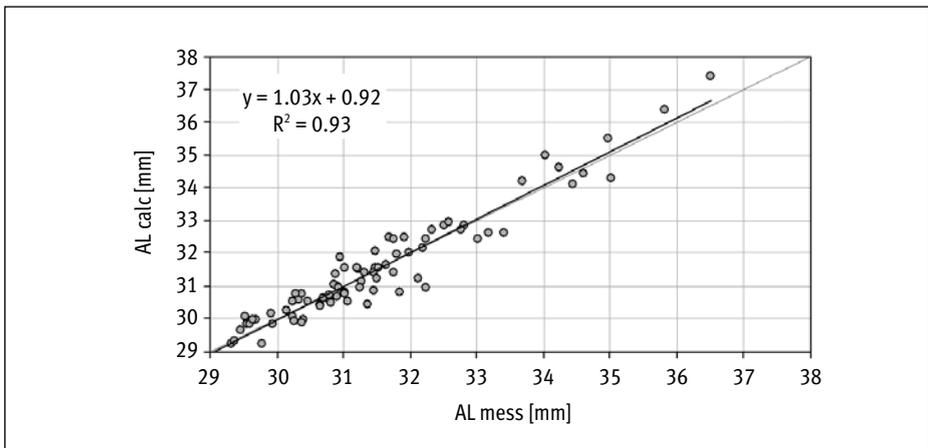


Abb. 2: Zusammenhang zwischen rückgerechneten (AL calc) und mittels IOLMaster gemessenen (AL wahr) Achslängen bei Verwendung unterschiedlicher Konstantensätze für Plus- und Minuslinsen (Szenario 2)

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass der Zusammenhang zwischen berechneten und gemessenen Achslängen wesentlich von der Wahl der IOL-Konstanten abhängt. Dieser Sachverhalt ist nicht verwunderlich und geht direkt aus den Gleichungen (1) und (2) hervor. Änderungen in den Linsenkonstanten können danach mathematisch durch Änderungen an der Achslänge kompensiert werden, ohne dass sich die Refraktion ändert. Die aktuelle Studie ist somit kein *Beweis*, dass der IOLMaster bei langen Augen *nicht* falsch misst.

Die bekannten hyperopen Abweichungen bei extremen Achslängen konnten physikalisch konsistent und plausibel [4, 5] durch Verwendung unterschiedlicher Konstantensätze für Plus- und Minuslinsen vermieden werden. Dasselbe Vorgehen führt hier zu einer hervorragenden Übereinstimmung von gemessenen und rückgerechneten Achslängen, sodass sich mithilfe von Ockham's knife („Die einfachste Erklärung ist in der Regel die beste“) schließen lässt, dass der IOLMaster extrem lange Augen nicht falsch misst.

Literatur

1. CURTIN BJ, KARLIN DB: Axial length measurements and fundus changes of the myopic eye. *Am J Ophth* 1971;71(1):42–53
2. HAIGIS W: Occurrence of Erroneous Anterior Chamber Depth in the SRK/T formula. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:442–443
3. HAIGIS W: IOL-Kalkulation bei hohen Ametropien. *Ophthalmologe* 2008;105:999–1004
4. PETERMEIER K, GEKELER F, MESSIAS A ET AL.: Intraocular lens power calculation and optimized constants for highly myopic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(9):1575–1581
5. HAIGIS W: Intraocular lens calculation in extreme myopia. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:906–911
6. PREUBNER PR: Intraocular lens calculation in extreme myopia. Letter. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(3):531–532
7. HAIGIS W: Intraocular lens calculation in extreme myopia. Reply. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(3):532–534
8. HAIGIS W, LEGE B, MILLER N, SCHNEIDER B: Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for IOL calculation according to Haigis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2000;238:765–773
9. <http://www.augenklinik.uni-wuerzburg.de/ulib/c1.htm>, Zugriff am 07.03.2011