



Refraktionsfehler nach IOL-Implantation – Messfehler oder anatomischer Fehler?

Andrea Schönhofen, Ludmilla Gorodezky, Martin Wenzel
Trier

Zusammenfassung: Bei 335 Kataraktpatienten wurden im Laufe eines Jahres beide Augen operiert. Die refraktiven Ergebnisse wurden 2 Monate nach der Operation mit der nach der SRK/T-Formel errechneten Refraktion interindividuell verglichen. Die Abweichungen beider Augen kommen einander nahe. Wenn das erste Auge ins Hyperope abgewichen ist, so ist grundsätzlich auch am Partnerauge eine hyperope Abweichung zu erwarten. Das gleiche gilt für myope Abweichungen. Im Median lag der postoperativ ermittelte Fehler eines Auges bei der Hälfte des Fehlers im Partnerauge. Sollte es z.B. beim ersten Auge zu einer Fehlimplantation von -1,5 dpt gekommen sein, so ist bei der Operation des zweiten Auges von einem mittleren Fehler von -1 dpt zum errechneten Wert der Biometrie auszugehen. Diese Addition gilt unabhängig von einer eventuell bestehenden Differenz der Biometrie beider Augen.

OPHTHALMO-CHIRURGIE 23: 109 - 114 (2011)

Summary: Refraction faults and biometry – errors in measurement or anatomical faults? 335 patients received cataract-surgery in both eyes. Two months after surgery the results of SRK/T-biometry and final visual outcome were compared. The differences between both eyes were very similar. If one eye developed postoperative myopia, the fellow eye did the same as well. The median of the faults of an eye was nearly half of the fault of the fellow eye. We draw the conclusion, that this fault has to be calculated into the biometry of the second eye. If, e.g., the first eye developed an unexperienced myopia of -1,5 dpt, we estimate a myopia of -1 dpt in the fellow eye. This estimation should also be done in cases of biometrical differences between the both eyes.

OPHTHALMO-CHIRURGIE 23: 109 - 114 (2011)

Verfehlte Zielrefraktion am ersten Auge: Was tun am zweiten Auge?

Die Biometrie zur Linsenberechnung gilt nach Einführung des IOL-Masters von Zeiss als ein grundsätzlich gelöstes Problem [2]. Unerwartete postoperative Refraktionsabweichungen gibt es angeblich kaum noch. Abweichungen der Zielrefraktion von der errechneten Refraktion liegen nur zu 10% über 1 dpt – soweit die Angaben in der Literatur. Im klinischen Alltag stellen aber gerade diese 10% der Patienten den Operateur vor eine schwierige Entscheidung: Wenn bei dem erstoperierten Auge des Patienten eine unerwartete Abweichung erzielt wurde, welche Linse soll das zweite Auge erhalten? Ist davon auszugehen, dass das erstoperierte Auge versehentlich falsch berechnet worden ist, und soll die IOL für das zweite Auge genau nach der Formel berechnet und implantiert werden? Oder ist von einer individuellen Besonderheit auszugehen, so dass der refraktive Fehler des ersten Auges bei der Operation des Partnerauges zu berücksichtigen ist?

335 Katarakt-Operierte: Vergleich der postoperativen Refraktionswerte mit den präoperativen Biometriewerten

Wir untersuchten deshalb 335 Patienten mit beidseitiger Katarakt, die in den ersten Wochen des Jahres 2008 in der Augenklinik Petrisberg operiert worden sind. 25 Patienten haben uns direkt aufgesucht, die übrigen 310 Patienten wurden uns von augenärztlichen Kollegen zur Operation zugewiesen. Etwa zwei Monate nach der ersten Operation wurde das zweite Auge vom gleichen Arzt operiert. Alle Patienten erhielten präoperativ eine optische Biometrie mit dem IOL-Master. Die Zielrefraktion wurde mit der SRK/T-Formel und der Haigis-Formel errechnet. Bei der Operation des ersten Auges wurde oft eine leichte Myopie von -0,5 dpt angestrebt. Bei allen Patienten wurde eine hydrophobe, einteilige Acryllinse (Acrysof SA60AT) ohne Verwendung eines Shooters durch einen 2,2 mm-Tunnel injiziert [11]. Die Wahl des Linsenimplantats des zweiten Auges erfolgte in Abhängigkeit von dem Patientenwunsch. Zwei Monate



nach der letzten Operation wurden die zuweisenden Augenärzte angeschrieben oder angerufen und um Übermittlung der aktuellen Refraktionswerte gebeten. Von den ermittelten Daten wurde der Zylinder gemittelt und nur das sphärische Äquivalent in der Auswertung berücksichtigt. Die postoperativen Werte wurden mit den präoperativen Biometrien verglichen. Dabei wurden alle Angaben auf halbe Dioptriewerte auf- oder abgerundet.

11 der 16 Patienten fanden sich methodische Fehler als Ursache der Abweichungen: Entweder wurden Refraktionswerte falsch übertragen (aus 0,5 dpt wurde 5,0 dpt) oder es wurden Werte übermittelt, die mit dem Autorefraktometer erhoben wurden, obwohl bei der späteren subjektiven Refraktion dann geringere Werte ermittelt worden waren. Mit derartigen Fehlern werden alle vergleichbaren Studien zu

**Patientendaten:
„Ausreißer“ durch Fehler
bei der Übermittlung**

An Patientendaten wurden erfasst: Name, Vorname, Geburtsdatum, Alter, Geschlecht, OP-Tag, Seite des operierten Auges, zuweisender Augenarzt, implantierte Linse, Zielrefraktion der SRK/T- und Haigis-Formel, präoperative Refraktion, postoperative Refraktion. Um die Auswertung für den Leser übersichtlich zu gestalten, werden hier ausschließlich die Biometriewerte der SRK/T-Formel zugrunde gelegt, auch wenn im klinischen Alltag je nach anatomischer Gegebenheit die Haigis-Formel ebenso berücksichtigt wurde. Mit der folgenden Auswertung soll demnach weder die Qualität der SRK/T-Formel untersucht werden, noch wird die individuelle A-Konstante untersucht, sondern es soll die Frage beantwortet werden, ob eine unerwartete postoperative Refraktionsabweichung am ersten Auge in ähnlicher Weise auch am zweiten Auge zu erwarten ist. Nicht verschwiegen werden sollen hier auch Probleme bei der Datenerhebung. Nach Abschluss der Studie hatten wir zunächst bei 17 Patienten Differenzen zwischen beiden Augen von über 1 dpt. Dem entsprechen in Abbildung 6 die beiden dunkelsten Farbschattierungen. Da uns der Fehler zu hoch vorkam, haben wir nochmals bei den behandelnden Praxen angerufen und um mögliche Erklärung für die Unterschiede nachgefragt. Bei

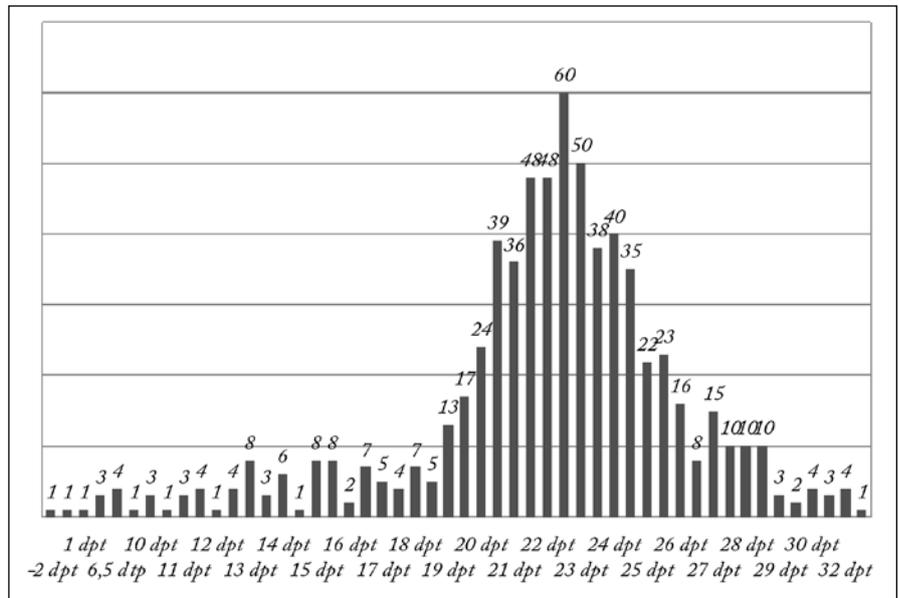


Abbildung 1: Brechkraft der implantierten Linsen (n = 670 Augen)

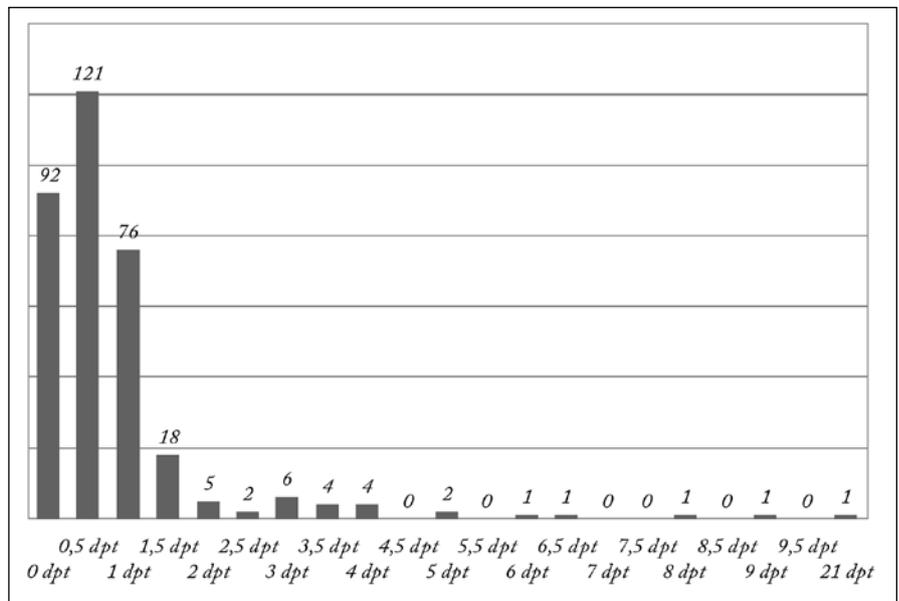


Abbildung 2: Differenz der implantierten IOL beider Augen (n = 335 Patienten)

kämpfen haben, und es ist nicht auszuschließen, dass sich unsere Ergebnisse noch geringfügig ändern würden, wenn wir alle Werte mehrmals nachgefragt hätten. Ein solches Vorgehen hätte aber sicherlich den guten Kooperationswillen der Zuweiser auf eine harte Probe gestellt. An dieser Stelle möchten wir uns herzlich bei den Zuweisern für die wertvolle Kooperation bei der Datenerhebung bedanken.

**Postoperative Refraktionsdifferenz zum errechneten Wert:
Nur bei 7% der Patienten > 1 dpt**

Das Durchschnittsalter der 335 Patienten betrug 75 Jahre. Der jüngste Patient war 38 und der älteste 96 Jahre alt. Es wurden 670 Linsen mit einer Brechkraft von -2 bis +33 dpt

implantiert. 54% der Linsenwerte lagen zwischen 20,5 und 24 dpt. Die am häufigsten eingesetzte IOL hatte eine Brechkraft von 22,5 dpt, sie wurde in 60 Augen implantiert (Abbildung 1). 27% der Patienten erhielten Linsen mit gleichem Dioptrienwert in beide Augen implantiert. Meist wurden unterschiedliche Linsen in beide Augen implantiert, entweder um eine geringe Monovision zu erzielen oder wegen unterschiedlicher Biometriewerte. Die Differenzen der Linsen beider Augen lagen zwischen 0,5 und 21 dpt, 36% der Patienten erhielten um 0,5 dpt differierende IOL, die anderen 36% IOL wiesen einen Unterschied zwischen 1 und 21 dpt auf (Abbildung 2). Zur Erläuterung: Der Unterschied von 21 dpt zwischen der rechten und der linken IOL erklärt sich durch eine einseitige, exzessive Myopie bei Makulanarbe mit Staphylom und tiefer Amblyopie.

Bei 48% der Patienten wurde im zweiten Auge die gleiche Zielrefraktion wie im erstoperierten Auge angestrebt. Zu 40% wurde bei der zweiten Operation eine um 0,5 dpt abweichende Zielrefraktion gewählt: Hatte das erste Auge beispielsweise postoperativ eine leichte Hyperopie von +0,25 dpt, wurde beim zweiten Auge eine Myopie von -0,25 dpt angestrebt. In 12% der Fälle lag der Unterschied der Zielrefraktion beider Augen bei 1 dpt oder mehr (Abbildung 3). Dieser Unterschied wurde meist zur Verbesserung der Tiefenschärfe des binokularen Sehens ohne Brille angestrebt (Monovision). Bei 31% der Patienten gab es postoperativ keine Refrakti-

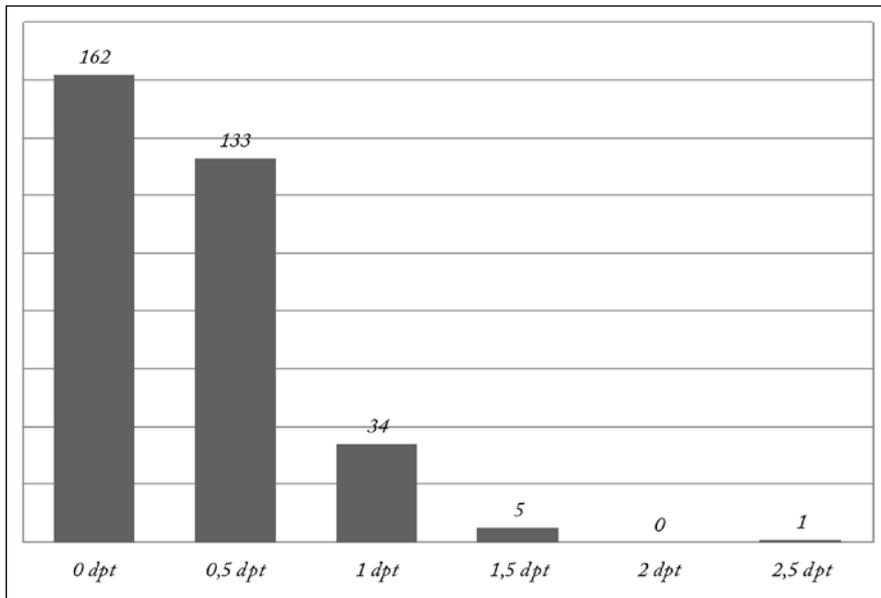


Abbildung 3: Angestrebte Differenz des zweiten zum erstoperierten Auge (n = 335 Patienten)

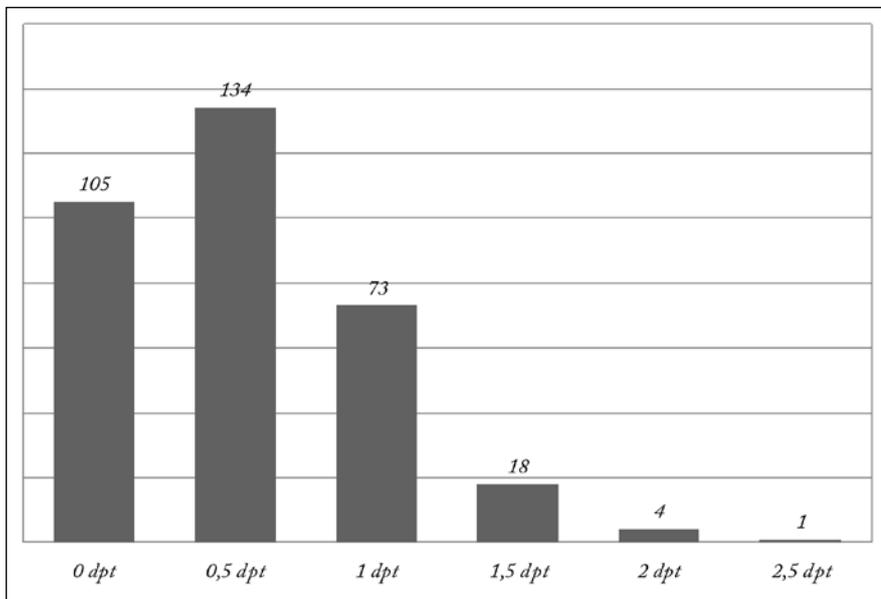


Abbildung 4: Postoperativ erzielte Differenz zwischen beiden Augen (n = 335 Patienten)



onsdifferenz zwischen beiden Augen, bei weiteren 40 % lag die Differenz beider Augen bei 0,5 dpt, bei 22 % der Patienten betrug der postoperative Unterschied 1 dpt, bei 5 % 1,5 dpt und bei 1 % 2 dpt oder 2,5 dpt (Abbildung 4). Während sich die Werte in den Abbildungen 2, 3 und 4 auf die 335 Patienten bezogen, wird in Abbildung 5 die in vielen anderen Studien beschriebene Differenz der präoperativ errechneten Biometriewerte mit der postoperativ erzielten Refraktion der 670 Augen verglichen. Bei 73 % der Augen lag die mit der SRK/T-Formel berechnete Refraktion im Wert von $\pm 0,5$ dpt um die postoperativ erzielte Refraktion, zu 93 % lag der Wert im Bereich von ± 1 dpt (Abbildung 5).

**Zielrefraktion, Endrefraktion:
Maximale Abweichung 3 dpt**

Das eigentliche Ziel dieser Arbeit aber ist das beidseitige Ergebnis der 48 Augen (7 % aller Augen), bei denen die postoperativ erzielte Refraktion um mehr als 1 dpt vom errechneten Wert abwich. Die größte Abweichung der Endrefraktion von der Zielrefraktion betrug 3 dpt, dabei handelte es sich um ein Auge mit einem Staphyloma posticum, das wegen myoper Makulanarben einen Visusanstieg von „Handbewegungen erkannt“ auf 1/20 erzielte und bei dem der Patient das Refraktionsdefizit nicht bemerkte. Die Werte von Abbildung 5 werden in Abbildung 6 noch

einmal im binokularen Vergleich differenziert aufgeschlüsselt. In der Abszisse sind die Abweichungen von errechneter Biometrie und erzielter Refraktion aller Augen aufgeführt. In der Ordinate sind die Abweichungen von Biometrie und erzielter Refraktion der jeweiligen Partneraugen aufgeführt. Die farbig unterlegten Zahlen geben an, wieviele Patienten jeweils diese dpt-Differenz hatten. Je dunkler die Schattierung der Felder, umso größer sind die Differenzen zwischen beiden Augen.

**Interindividueller Vergleich:
Abweichung an beiden Augen sehr ähnlich**

6 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von -2 dpt auf, die Refraktionsfehler der 6 Partneraugen lagen zwischen -0,5 und -1,5 (im Median bei -1 dpt). 30 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von -1,5 dpt auf, die Refraktionsfehler der 30 Partneraugen lagen zwischen 0 und -2 (im Median bei -1 dpt). 98 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von -1 dpt auf, die Refraktionsfehler der 98 Partneraugen lagen zwischen 0 und -2 (im Median bei -0,5 dpt). 200 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von -0,5 dpt auf, die Refraktionsfehler der 200 Partneraugen lagen zwischen +1,5 und -2 (im Median bei -0,5 dpt). 83 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von +0,5 dpt auf, die Refraktionsfehler der 83 Partneraugen lagen zwischen +1,5 und -0,5 (im Median bei 0 dpt). 33 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von +1 dpt auf, die Refraktionsfehler der 33 Partneraugen lagen zwischen +2 und -0,5 (im Median bei -0,5 dpt). 9 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von +1,5 dpt auf, die Refraktionsfehler der 9 Partneraugen lagen zwischen +3 und -0,5 (im Median bei +1 dpt). Zusammenfassend zeigen die interindividuellen Vergleiche: Die Differenz der Vorhersage zwischen beiden Augen lag bei nur einem Patienten bei 2 dpt, bei 5 Patienten bei 1,5 dpt und bei 52 Patienten bei 1 dpt. Die Abweichungen zwischen Zielrefraktion und erzielter Refraktion sind bei beiden Augen eines Menschen meist ähnlich. Im Median lag der postoperativ ermittelte Fehler eines Auges bei der Hälfte des Fehlers im Partnerauge.

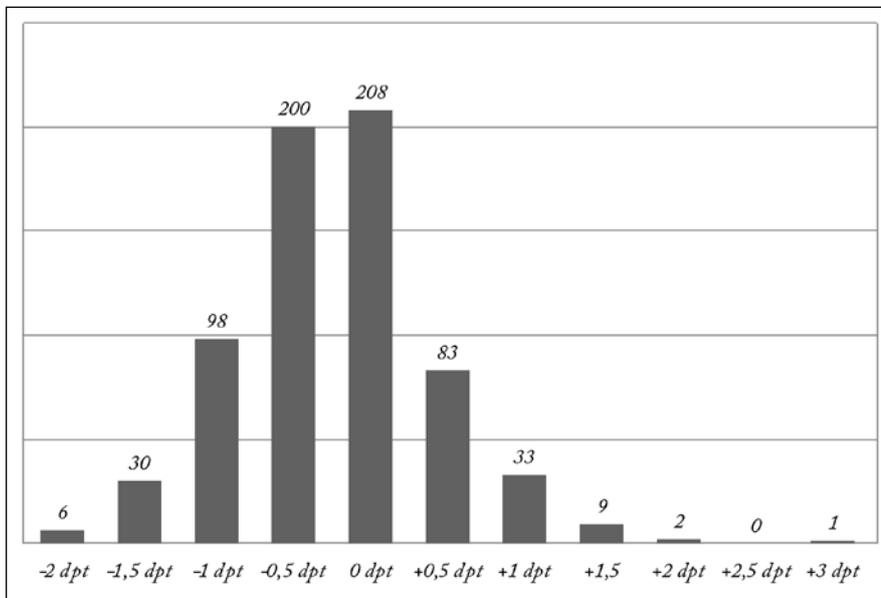


Abbildung 5: Differenzen zwischen berechneter und erzielter Refraktion (n = 670 Augen)

Präzision der Biometrie: Erstaunlich hoch

Jeder an optischen Instrumenten Interessierte muss erstaunt sein, welche hohe optische Präzision das Auge aufweist. Wenn in astronomischen Okularen die Linsen um Bruchteile von Millimetern verschoben sind, resultieren schwere optische Störungen. Mir sind keine technischen Geräte bekannt, bei denen eine sehr wichtige Linse so zart und fragil befestigt ist, wie die menschliche Linse durch den Zonulaapparat. Nur zu gut kann ich die Skepsis unserer Vorgänger verstehen, als die ersten Intraokularlinsen auf den Markt kamen, und es fasziniert mich heute immer noch täglich, welche relativ hohe Präzision trotz der Flexibilität der biologischen Elemente zu erzielen ist.

Beim Lesen moderner Literatur zur Biometrie des Auges wird meiner Meinung nach immer wieder der falsche Eindruck erweckt, durch exaktere Biometrien ließen sich unerwartete postoperative Refraktionsergebnisse ausschalten. Die optisch relevanten Werte eines lebenden Auges sind viel variabler als die eines verschraubten und verklebten optischen Gerätes. Abweichungen von errechneten und erzielten Werten kommen nicht nur durch fehlerhafte Messungen vor, sondern ebenso durch unvorhersehbare individuelle anatomische Besonderheiten.

Ein unsicherer Faktor jeder biometrischen Untersuchung ist die postoperative Vorderkammertiefe [3, 8]. Wenn die 4-5 mm dicke Katarakt durch eine 1 mm dünne IOL ersetzt wird, kann die postoperative Lage der IOL im Auge präoperativ immer nur geschätzt, aber nie berechnet werden. Was viele heute nicht mehr wissen: Der jüdische Augenarzt Charles Kelman hat zu Beginn der 1960er Jahre eine neue OP-Methode erfunden: Wer die damals modernste Katarakt-Operation, mit dem Kryo-Stab die Katarakt intrakapsulär zu entbinden, noch selber durchgeführt hat, der weiß, wie groß die Variabilität des alles andere als konstanten Zonulaapparates ist. Erst durch Charles Kelmans zweite Erfindung, die Phakoemulsifikation, geriet die erste Erfindung in Vergessenheit. Eine durch Zonulaschwäche bedingte Dezentrierung der IOL um 1 mm nach vorne bedeutet eine postoperative Refraktionsänderung um zirka 1,5 dpt [2]. Da nie exakt voraussehbar ist, wo die 1 mm dünne Linse im 5 mm dicken alten Kapselsack verwächst, ist es erstaunlich, wie präzise heute die Biometrie möglich ist. Mit dem IOL-Master von Zeiss ist eine Präzision von wenigen Mikrometern möglich [1], er hat sich nach 2002 als Standardverfahren der präoperativen Biometrie in Deutschland durchsetzen können. Zur Berechnung der IOL wurde 2002 von den meisten Operateuren die SRK II-Formel bevorzugt, gefolgt von der Haigis-Formel und der SRK/T-Formel, 15 % der Kollegen bevorzugten ande-

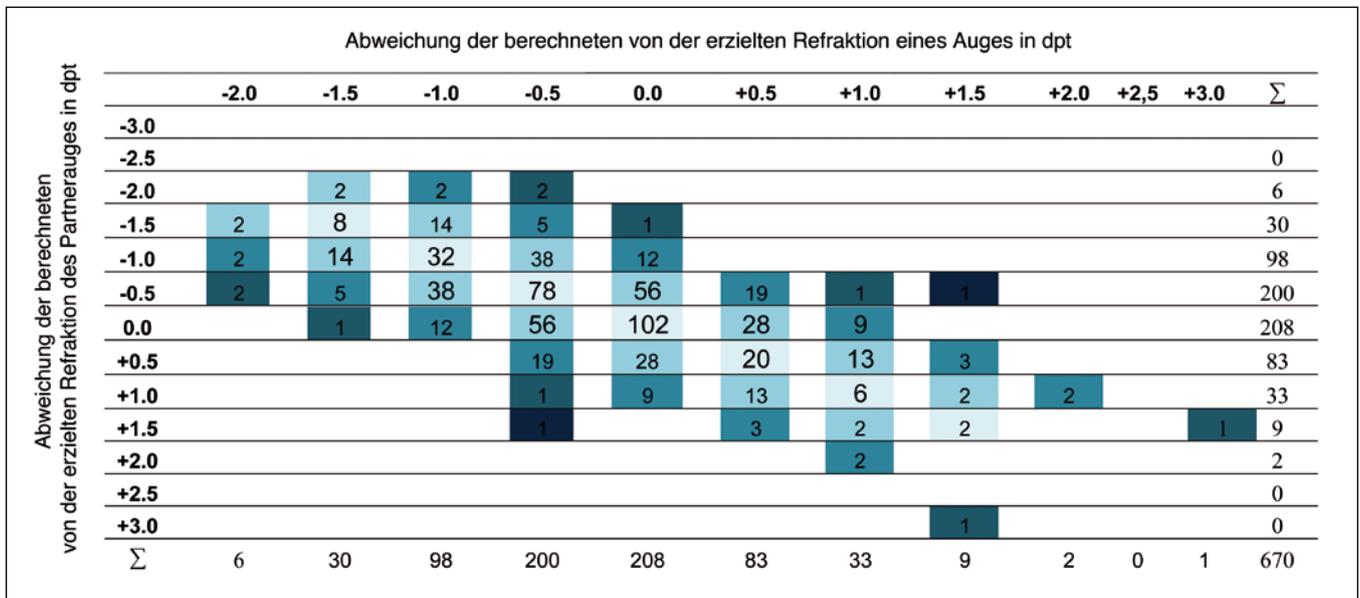


Abbildung 6: Abweichung der erzielten Refraktion vom errechneten Wert beider Augen im Vergleich. Anzahl der Patienten mit den jeweiligen interindividuellen Abweichungen. Niedrige Abweichungen sind hell, hohe Abweichungen sind dunkel unterlegt (n = 670 Augen).



re Formeln [5]. In den meisten Arbeiten zur Biometrie, so auch in unserer, wird der Astigmatismus auf sein sphärisches Äquivalent umgerechnet und darüber hinaus nicht berücksichtigt. 2-3 % der Augen haben einen Astigmatismus von > 3 dpt [4].

Patienten mit schwierigen Ausgangssituationen sind bekannt und werden deshalb oft bei Studien ausgeschlossen, die die Linsenberechnung optimieren sollen [7, 9].

Refraktionsfehler am erstoperierten Auge: Hälfte davon beim 2. Auge einberechnen

Leider führen aber Fehlberechnungen immer noch zu Katastrophen bis hin zur Explantation von Linsen [10]. Dabei werden oft unrealistische Erwartungen bei den Patienten geweckt. So hatten wir kürzlich eine Behandlungsfehlerklage zu beurteilen: Einem Katarakt-Patienten wurde eine IOL bei $-0,75$ dpt Fehlrefraktion von einem konkurrierenden Arzt entfernt. Dieser Zweitoperateur bekam beim Lin-

sen austausch erhebliche Hinterkapsel- und Glaskörperprobleme und hat den Patienten unbewusst zur Klage gegen den ersten Operateur motiviert.

Erstes Gebot jedes Operateurs ist es, für eine bestmögliche Biometrie und Linsenberechnung zu sorgen. Er muss bei Fehlern immer zuerst an eigene Fehler denken, wie wir sie auch bei der Erstellung dieser Studie gesucht und gefunden haben. Darüber hinaus muss er aber auch wissen, dass es anatomische Besonderheiten gibt, die eine exakte Berechnung unmöglich machen. Dies zu untersuchen war Ziel unserer Studie, die im Ergebnis zeigt: Wenn es bei der Operation eines Auges zu einer unerwarteten Abweichung der postoperativen Refraktion gekommen ist, so ist davon auszugehen, dass sie in ähnlicher, abgeschwächter Weise auch im Partnerauge vorkommt. Wir halten es für richtig,

die Hälfte des Fehlers des erstoperierten Auges bei der Berechnung des Partnerauges einzukalkulieren. Um ein dauerhaft optimales Ergebnis zu erzielen, ist ein Abstand zwischen beiden Operationen von mindestens 6 Wochen anzustreben.



Literatur

1. *Haigis W (2004)* Bestimmung der Gruppenbrechungsindices moderner Intraokularlinsen für die optische Biometrie. In: 18. Kongress der DGII (Hrsg. Pham D et al) S 181-184 Biermann, Köln
2. *Haigis W, Goes F (2008)* IOL-Berechnung für hyperope Augen. In: 22. Kongress der DGII (Hrsg. Auffarth G et al) S 129-132. Biermann, Köln
3. *Hoffmann P (2010)* Ergebnisse und Optimierung der IOL-Berechnung bei 3046 Augen. In: 23. Kongress der DGII (Hrsg.: Fabian E et al) S 203-214. Biermann, Köln
4. *Hoffmann P (2010)* Biometrieergebnisse von 23239 Augen. In: 23. Kongress der DGII (Hrsg.: Fabian E et al) S 215-224. Biermann, Köln
5. *Ober S, Reuscher A, Wenzel M (2003)* Umfrage von DGII und BVA 2002 zum derzeitigen Stand der Katarakt- und Refraktiven Chirurgie. Ophthalmol-Chirurgie 15: 217-222
6. *Olsen T (2007)* Improved accuracy of intraocular lens power calculation with the Zeiss IOLMaster. Acta Ophthalmol Scand 85: 84-87
7. *Petermeier K, Gekeler F et al (2009)* Intraocular lens power calculation and optimized constants for highly myopic eyes. J Cataract Refract Surg 35: 1575-1581
8. *Preußner P (2007)* Genauigkeitgrenzen bei der IOL-Berechnung. Klin Monatsbl Augenheilkd 224: 893-899
9. *Schrader W (2008)* Aphakiekorrektur beim Kind. Ophthalmol-Chirurgie 20: 147-151
10. *Wacker B, Holzer P et al (2006)* Gründe für die Explantation von Intraokularlinsen. Ophthalmol-Chirurgie 18: 216-219
11. *Wenzel M, Bechmann M (2003)* Injektion von Linsen ohne Injektor. Ophthalmol-Chirurgie 15: 15-19

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. Martin Wenzel
Augenklinik Petrisberg
Max-Planck-Str. 14-16
54296 Trier
E-Mail: wenzel@akp-trier.de