

# Lagestabilität einer phaken vorderkammerwinkelgestützten Intraokularlinse bei Akkommodation

O. K. Klaproth, J. Rehrmann, T. Kohnen

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Bewegt sich die phake kammerwinkelgestützte Vorderkammerintraokularlinse (IOL) Cachet (Alcon) bei Akkommodation, und welchen Einfluss hat eine potenzielle Bewegung auf die postoperative Defokuskurve.

**Material und Methoden:** Vorläufige Evaluation der Lagestabilität der phaken IOL (Abstand zum Endothel M1 sowie zur natürlichen Linse M2) sowie der prä- und postoperativen Vorderkammertiefe (VKT) und des Pupillendurchmessers (PD) in 50 Augen von 25 Patienten (15 weiblich, 10 männlich, Alter  $37 \pm 8,29$  Jahre, sphärisches Äquivalent präoperativ  $-9,7 \pm 2,2$  dpt) bei Akkommodationsstimuli von  $-7$  dpt bis  $+1$  dpt in 1-dpt-Schritten mittels optischer Kurzkohärenztomografie (Visante OCT, Carl Zeiss Meditec) und der entsprechenden Defokuskurve an den ETDRS-Charts. Durchführung eines Kolmogoroff-Smirnoff-Tests auf Normalverteilung, einer Regressionsanalyse zur Evaluation des Alters auf potenzielle Bewegungen bzw. Änderungen der VKT und des PD sowie eine Analyse der relativen Lageänderung ( $\Delta M$ ) der phaken IOL (zum Nullstimulus) mit einem einseitigen t-Test. Unterschiede von prä- zu postoperativer Sehschärfe wurden mit einem Friedman- und anschließend Conover-Inman-Bonferroni-Test analysiert ( $p = 0,05$ ).

**Ergebnisse:** Die Änderung von PD und VKT bei Akkommodation unterschied sich von prä- zu postoperativ nicht signifikant. Eine signifikante Änderung von  $\Delta M$  konnte bei Akkommodationsstimuli von  $-2$  dpt bis  $-7$  dpt (M1) bzw.  $-3$  dpt bis  $-7$  dpt (M2) gezeigt werden ( $\Delta M1_{7dpt} = -0,09 \pm 0,06$  mm;  $\Delta M2_{7dpt} = -0,06 \pm 0,12$  mm). Mit zunehmendem Alter nahmen alle  $\Delta$ -Werte (VKT, PD, M1 und M2) tendenziell ab. Die Defokuskurve zeigte eine signifikante Verbesserung der korrigierten Sehschärfe bei Defokusstimuli von 0 dpt bis  $-3$  dpt.

**Schlussfolgerung:** Es konnte eine Annäherung der natürlichen Linse an das Implantat sowie eine geringere Annäherung des Implantats an das korneale Endothel bei Akkommodation gezeigt werden.  $\Delta VKT$ ,  $\Delta PD$ ,  $\Delta M1$  und  $\Delta M2$  nahmen mit dem Alter ab, ein Einfluss der phaken IOL-Implantation auf  $\Delta VKT$  und  $\Delta PD$  sowie auf die Akkommodationsbreite zeigte sich nicht.

## Summary

**Purpose:** Does the phakic anterior chamber angle support intraocular lens (IOL) Cachet (Alcon) move during accommodation, and if so, which impact does this movement have on the defocus curve.

**Methods:** Preliminary evaluation of the phakic IOLs positional stability (distance to the corneal endothelium M1 and to the natural lens M2) as well as the pre- and postoperative anterior chamber depth (ACD) and pupil diameter (PD) in 50 eyes of 25 patients (15 female, 10 male, age  $37 \pm 8.29$  years, spherical equivalent  $-9.7 \pm 2.2$  D for accommodative stimuli ranging from  $-7$  D to  $+1$  D in 1 D steps using optical coherence tomography (Visante OCT, Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany) and the respective defocus curve in

corrected status using ETDRS charts. Statistical analysis included a Kolmogoroff-Smirnov test for parametric distribution, a regression analysis for evaluation of the influence of age on potential positional changes of the phakic IOL, ACD and PD as well an analysis of relative positional changes ( $\Delta M$ , compared to zero stimulus) using a one-sided t-test. Visual acuity differences pre- to postoperative were analyzed using a Friedman- and consecutive Conover-Inman-Bonferroni testing ( $p = 0.05$ ).

**Results:** The change of PD and ACD during accommodation did not differ significantly between pre- and postop measurements. A significant change of  $\Delta M$  was shown for accommodative stimuli from -2 D to -7 D (M1), and -3 D to -7 D (M2), respectively ( $\Delta M1_{7\text{dpt}} = -0.09 \pm 0.06$  mm;  $\Delta M2_{7\text{dpt}} = -0.06 \pm 0.12$  mm). With increasing age all metrics ( $\Delta ACD$ ,  $\Delta PD$ ,  $\Delta M1$  and  $\Delta M2$ ) showed a tendency towards decrease. Defocus curve in corrected status revealed a significant improvement of visual acuity compared to preoperative values for defocus stimuli from 0 D to -3 D.

**Conclusion:** A convergence of the natural lens towards the implant as well as a lesser convergence of the implant towards the corneal endothelium was shown in accommodation.  $\Delta VKT$ ,  $\Delta PD$ , M1 and M2 decreased with age, an influence of IOL implantation on  $\Delta VKT$  and  $\Delta PD$  as well as on accommodative range could not be shown.

## Einleitung

Der korneale Endothelzellverlust nach Implantation von phaken Vorderkammerlinsen zur Myopiekorrektur tritt in nahezu allen Fällen auf. Die Verlustrate schwankt jedoch unter anderem je nach Implantatdesign und -material [9]. Ein weiterer Faktor, der den postoperativen, nicht traumatisch bedingten Endothelzellverlust beeinflusst, ist die Positionierung der IOL in der Vorderkammer. Implantate, die etwa in der Größenordnung von 2/3 der gesamten Vorderkammertiefe vom kornealen Endothel entfernt sitzen und diese Position auch über mehrere Jahre stabil halten können [1, 6], zeigen geringere Verlustraten in der kornealen Endothelzeldichte. In aktuellen Ergebnissen zur kammerwinkelgestützten phaken IOL Cachet (Alcon) wird vier Jahre nach der Implantation von nur etwa 4,2 % Endothelzellverlust berichtet. Dies ist zwar noch deutlich mehr als der Normalwert bei Erwachsenen, (0,3–0,6 %, [3, 10]), aber dennoch im Vergleich zu anderen phaken Vorderkammerlinsen (von 4,8 % nach drei Jahren [12] bis zu bis zu 14,3 % bereits nach zwei Jahren [2]) ein geringer Wert. Zu beachten sind immer individuelle Ausreißer.

Von phaken irisfixierten IOLs ist bekannt, dass sich diese bei Akkommodation in der Vorderkammer mit der Linse und damit der Iris bis zu einem bestimmten Maß mitbewegen [4, 11]. Diese Bewegung könnte, so sie denn zu stark ausfiele, ebenfalls zu Beeinträchtigungen des kornealen Endothels führen. Weiterhin könnten diese Bewegungen der phaken IOL im Auge zu einer dynamischen Beeinflussung der okulären Brechkraft führen.

Von phaken kammerwinkelgestützten IOLs ist hingegen keine starke bis gar keine Vorwärtsbewegung bei Akkommodation zu erwarten, da diese Implantate im Idealfall nicht mit der Iris in Berührung kommen und sich daher mit dieser bei Akkommodation auch nicht vorwärts bewegen.

Ziel dieser Studie ist es, die möglichen Bewegungen der phaken kammerwinkelgestützten IOL Cachet bei Akkommodation zu evaluieren und potenzielle Einflüsse dieser Bewegungen auf den Akkommodationserfolg darzustellen.

## Material und Methoden

### Patienten

In diese vorläufige Auswertung einer prospektiven Studie wurden bisher konsekutiv 50 Augen von 25 Patienten eingeschlossen, denen eine phake Intraokularlinse (Cachet, Alcon, Ft. Worth, Texas) implantiert wurde. Ein- und Ausschlusskriterien waren das vollendete 18. Lebensjahr sowie eine Myopie im Indikationsbereich des Implantats (s. u.), ein subjektiv ermittelter Astigmatismus von nicht mehr als 2 dpt, eine Vorderkammertiefe  $<3,2$  mm – inkl. Hornhaut gemessen am IOLMaster (Carl Zeiss Meditec, Jena – sowie eine altersabhängig festgelegte präoperative Mindestendothelzellzahl (18–25 Jahre:  $<2800$  Z/mm<sup>2</sup>; 26–35 Jahre:  $<2600$  Z/mm<sup>2</sup>; 36–45 Jahre:  $<2200$  Z/mm<sup>2</sup>;  $>46$  Jahre:  $<2000$  Z/mm<sup>2</sup>). Patienten mit Vorerkrankungen, die das visuelle Resultat einschränken oder eine sichere Implantation gefährden würden, wurden ausgeschlossen.

Alle Patienten willigten schriftlich in die Teilnahme an der Studie ein, und die lokale Ethikkommission erteilte der Studie ihre Zustimmung.

### Implantat und Implantation

Bei der implantierten phaken IOL handelt es sich um ein vierpunktfixiertes einstückiges faltbares Implantat aus Acrylat mit einer konvex-konkaven 6-mm-Optik- und einem Gesamtdurchmesser zwischen 12,5 mm und 14 mm, in 0,5-mm-Schritten. Das Implantat ist weiterhin in 0,50-dpt-Schritten von  $-6,00$  bis  $-16,50$  dpt lieferbar. Der Gesamtdurchmesser des Implantats wurde nach der Formel Hornhautdurchmesser + 0,5 mm festgelegt. Obwohl die Messung des Hornhautdurchmessers den Kammerwinkeldurchmesser nur annähernd wiedergibt, hat sich diese Herangehensweise in der Praxis bewährt. Die vier Fußplättchen des Implantats kompensieren durch ihre Flexibilität eventuelle Fehlkalkulationen der Implantatsgröße bis zu etwa 1 mm.

Die Implantation der phaken IOL erfolgte unter topischer Anästhesie von superior oder auf dem steilen Meridian durch eine 2,6 bis 2,7 mm Hornhauttunnelinzision ohne zusätzliches Anlegen einer Iridektomie, Iridotomie oder Parazentese. Das exakte Vorgehen wurde bereits von Kohnen et al. 2009 beschrieben [8]. In Fällen von kornealem Astigmatismus zwischen 1 dpt und 2 dpt wurde zusätzlich gemäß dem Nomogramm von Wang und Koch 2003 [13] mit einem Diamantmesser eine opposite limbale relaxierende Inzision (LRI) und ggf. zwei weitere LRI als Fortführung der Inzision angelegt.

### Messung der Linsenposition bei Akkommodation sowie der Defokuskurve

Alle Patienten wurden präoperativ am Tag der Operation sowie einen Monat postoperativ zu den Studienuntersuchungen einbestellt. Bei jeder Untersuchung wurden neben der Begutachtung des vorderen und hinteren Augenabschnittes eine subjek-

tive Refraktionsbestimmung sowie die unten beschriebenen Messungen der Vorderkammerdimensionen und der Defokuskurve durchgeführt.

Die Ermittlung der Vorderkammerdimensionen erfolgte mittels optischer Kurzkohärenztomografie (Visante OCT). Dieses Gerät bietet als Fixationsstimulus ein modifiziertes Malteserkreuz und erlaubt die geräteinterne Vorschaltung von Defokuslinsen zur Stimulation der Akkommodation. Vor jedem Messdurchlauf wurde das Gerät gemäß der Herstellerempfehlung mit einem künstlichen Auge kalibriert. Die Patienten wurden vor dem Gerät positioniert und Defokusstimuli von  $-7$  dpt bis  $+1$  dpt dargeboten.

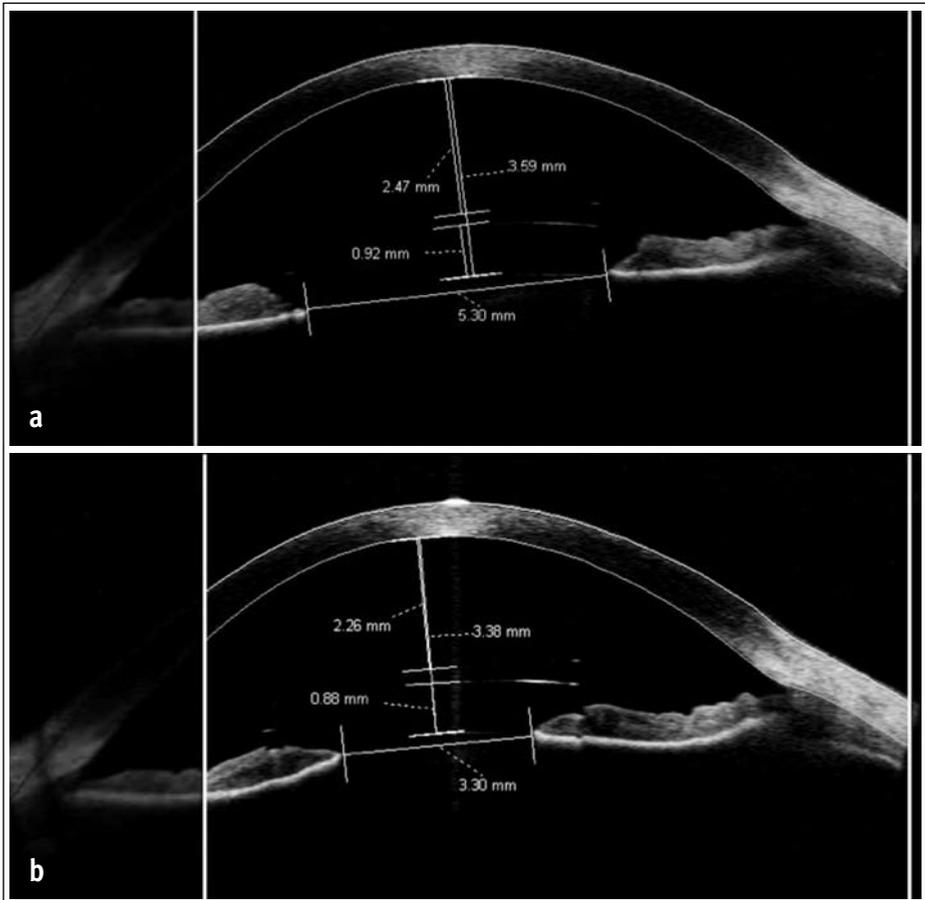
Vor jeder Messung wurde der Proband gebeten, das dargebotene Kreuz zu fixieren und „scharf zu stellen“. Nach jeder Messung wurde der Patient gebeten, zu blinzeln und die Augen zu entspannen. Während jeder Messung wurde ein horizontaler Scan durchgeführt. In einer Preliminärevaluation an vier Augen zeigte sich, dass die Patienten weitere Scans nur schwer tolerieren, mit neun Messungen pro Auge konnte noch eine entsprechende Compliance erreicht werden, weshalb auf die Durchführung weiterer in das OCT implementierter Messmodi verzichtet wurde. Die Auswertung der intraokularen Abstände erfolgte durch die geräteeigene Software mittels verschiedener manuell angelegter Kaliper. Vermessen wurden die zentrale Vorderkammertiefe (VKT, Abstand korneales Endothel – natürliche Augenlinse), der Pupillendurchmesser (PD) sowie postoperativ zusätzlich der Abstand des kornealen Endothels zur Vorderfläche der phaken IOL (M1) und der Abstand der Rückfläche der phaken IOL zur Vorderfläche der natürlichen Linse (M2). Bei den Messungen VKT, M1 und M2 wurde ein horizontaler Kaliper an den Außenrändern der Pupille angelegt und anschließend in dessen Mitte ein senkrechter Kaliper zur Vermessung der jeweiligen Abstände genutzt (Abb. 1).

### Statistische Methoden

Eine vorab durchgeführte Fallzahlberechnung ergab eine Fallzahl von 53 Augen, um signifikante Unterschiede der Linsenposition bei Akkommodation nachzuweisen. Die Normalverteilung wurde mittels des Kolmogoroff-Smirnoff-Tests überprüft. Zusammenhänge zwischen Alter und Änderungen der PD, VKT sowie der Linsenpositionen wurden mit einer Regressionsanalyse ermittelt. Zur Ermittlung signifikanter Änderungen in der relativen Linsenposition wurde ein einseitiger t-Test zur Darstellung signifikanter Lageänderungen im Vergleich zur Null-Stimulus-Position durchgeführt. Zum Vergleich der prä- und postoperativen Sehschärfe bei den verschiedenen Defokusstimuli wurde der Friedman-Test mit anschließendem Conover-Inman-Bonferroni-post-hoc-Test genutzt. Das Signifikanzniveau wurde mit  $p = 0,05$  festgelegt.

### Ergebnisse

Die in dieser Arbeit dargestellten Parameter waren normal verteilt, daher wurde auf parametrische Testverfahren zurückgegriffen. Eine Ausnahme ist die Sehschärfe, zur Analyse dieser wurde das nicht parametrische Friedman-Verfahren mit anschließendem Conover-Inman-Bonferroni-post-hoc-Test durchgeführt.



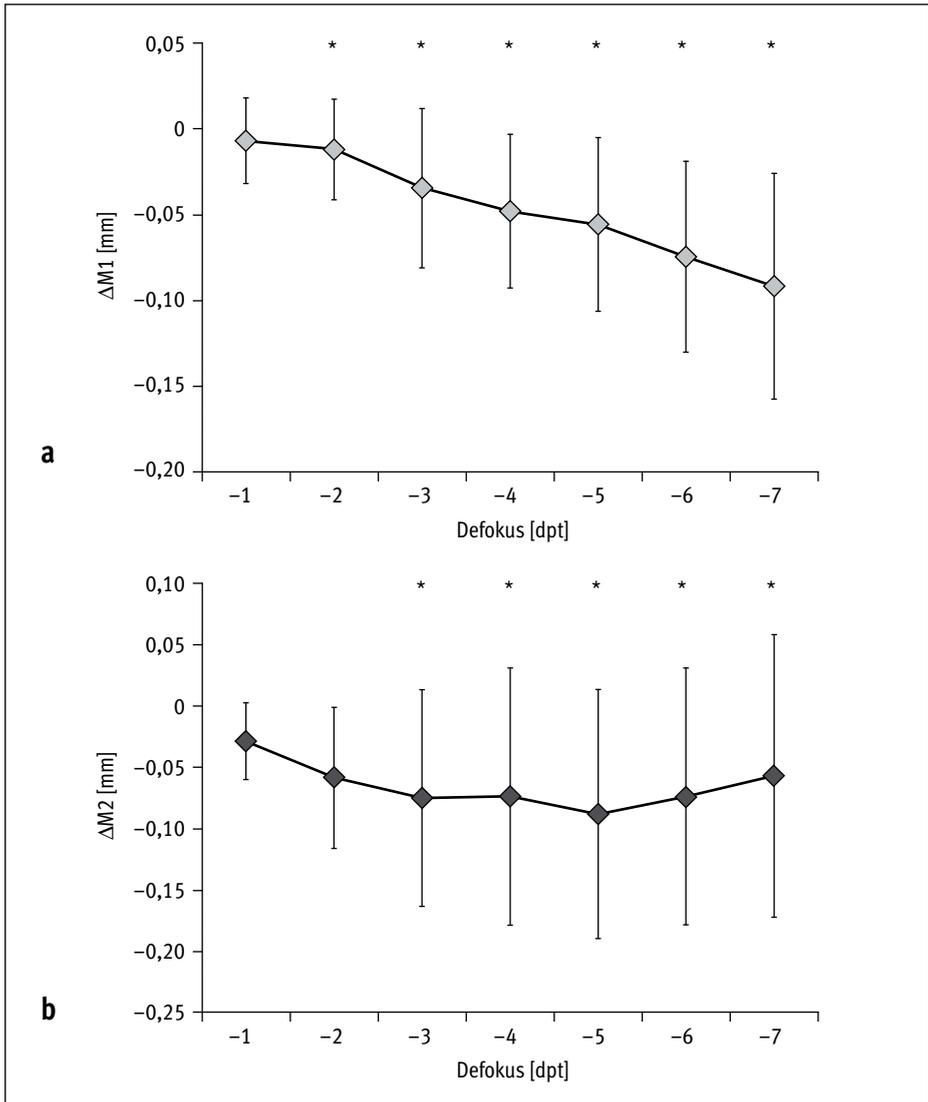
**Abb. 1:** Beispiel der Vermessung der Vorderkammerdimensionen sowie der Position der phaken Linse postoperativ. a) Bei 0 dpt Stimulation, b) Bei -7 dpt Stimulation

### Pupillendurchmesser und Vorderkammertiefe bei Akkommodation

Mit zunehmendem Akkommodationsstimulus zeigte sich eine Abnahme des Pupillendurchmessers (PD) sowie der Vorderkammertiefe. Die relative Änderung beider Werte im Vergleich zum Nullstimulus stellte sich für Defokusstimuli von -2 dpt bis -7 dpt signifikant dar (einseitiger t-Test). Für den PD ergab sich bei -7 dpt Stimulus  $\Delta PD_{7dpt} = -0,65 \pm 0,65$  mm (Spannweite von -2,43 bis 0,59 mm), für die VKT ergab sich  $\Delta VKT_{7dpt} = -0,15 \pm 0,15$  mm (Spannweite von -0,41 bis 0,10 mm). Die Regressionsanalyse zeigte eine tendenzielle Abnahme der Veränderung mit zunehmendem Alter. Die Regressionsfunktionen stellten sich wie folgt dar:  $\Delta PD = 0,02 \times \text{Alter [Jahre]} - 1,40$ ;  $R^2 = 0,07$  bzw.:  $\Delta VKT = 0,01 \times \text{Alter [Jahre]} - 0,57$ ;  $R^2 = 0,48$ .

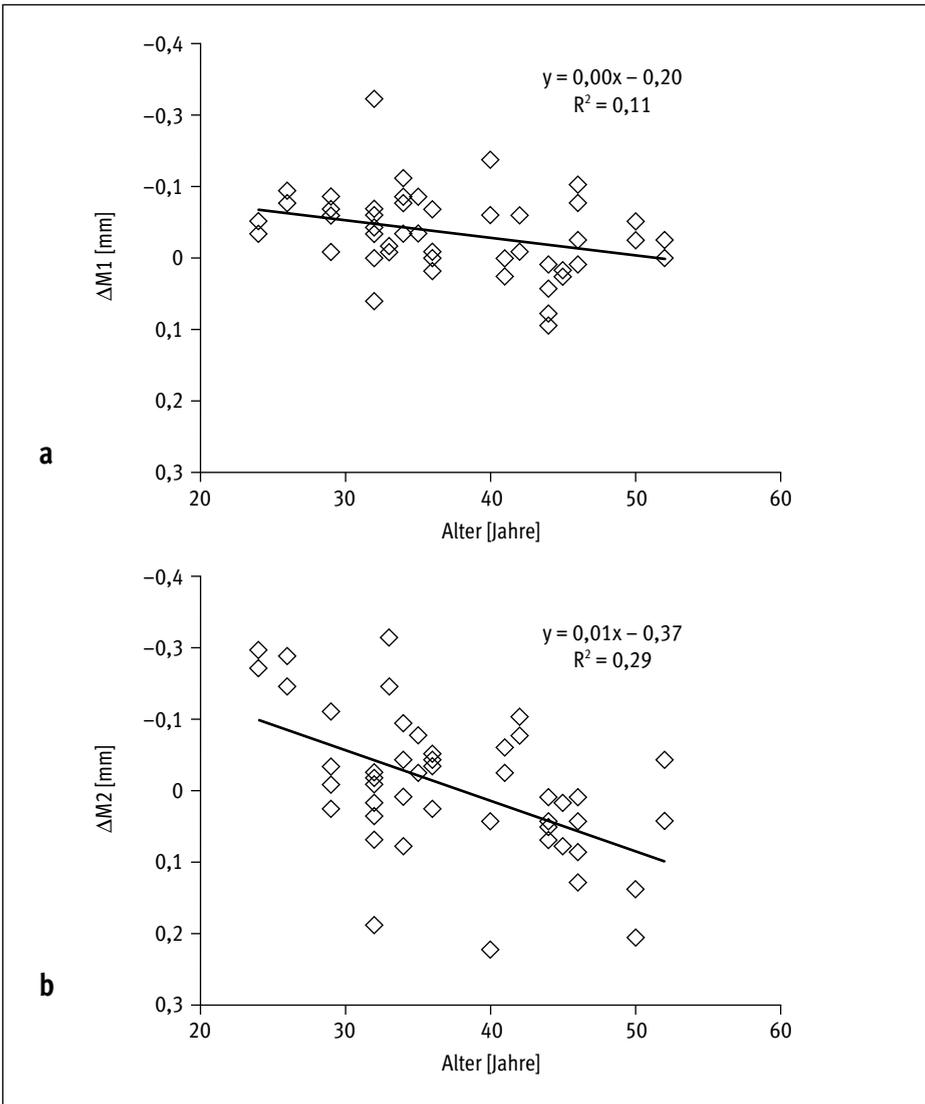
### Position der phaken IOL bei Akkommodation

Abbildung 2 zeigt die relative Veränderung der Abstände der phaken IOL zum kornealen Endothel und zur natürlichen Linse. Signifikante Lageveränderungen ergaben sich bei Defokuswerten von  $-2$  dpt oder mehr für  $\Delta M1$  bzw. bei  $-3$  dpt oder mehr für  $\Delta M2$ . Die mittleren relativen Änderungen bei 7 dpt Stimulation betrugen



**Abb. 2:** Relative Veränderung der Linseposition im Vergleich zum Nullstimulus. a) M1 (Abstand korneales Endothel – Vorderfläche phake Linse), b) M2 (Abstand Rückfläche der phaken IOL – Vorderfläche der natürlichen Linse), \*signifikante Abweichung von der Position bei Nullstimulation (einseitiger t-Test)

$\Delta M1_{7\text{dpt}} = -0,09 \pm 0,06$  mm (Spannweite von  $-0,31$  bis  $0,06$  mm) bzw.  $\Delta M2_{7\text{dpt}} = -0,06 \pm 0,12$  mm (Spannweite von  $-0,30$  bis  $0,21$  mm). Die Regressionsanalyse zeigte eine tendenzielle Abnahme der Bewegung mit zunehmendem Alter. Abbildung 3 zeigt die entsprechenden Graphen und Regressionsfunktionen.



**Abb. 3:** Regressionsfunktion zum Zusammenhang Alter und Änderung der anterior-posterioren Linsenpositionen bei Akkommodation. a) M1, b) M2

## Defokuskurve

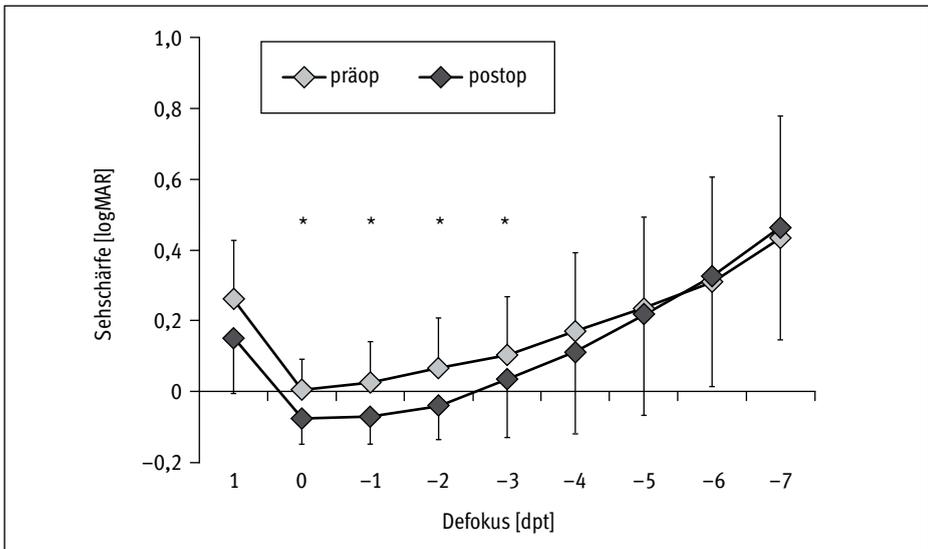
Tabelle 1 zeigt die Werte der prä- und postoperativen Defokuskurven, Abbildung 4 stellt die Daten grafisch dar. Ein signifikanter Unterschied für die korrigierten Sehschärfewerte mit entsprechender Defokussierung ergab sich für den Bereich von 0 dpt bis -3 dpt. Der Verlauf der Kurven ist in diesem Bereich annähernd parallel.

| Sehschärfe [logMAR] | +1 dpt    | 0 dpt       | -1 dpt      | -2 dpt      | -3 dpt     |
|---------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Präoperativ         | 0,26±0,17 | 0,00±0,09*  | 0,02±0,12*  | 0,07±0,14*  | 0,15±0,16* |
| Postoperativ        | 0,16±0,16 | -0,08±0,07* | -0,07±0,08* | -0,04±0,10* | 0,03±0,16* |

| Sehschärfe [logMAR] | -4 dpt    | -5 dpt    | -6 dpt    | -7 dpt    |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Präoperativ         | 0,17±0,22 | 0,24±0,26 | 0,31±0,29 | 0,46±0,35 |
| Postoperativ        | 0,10±0,22 | 0,21±0,28 | 0,33±0,32 | 0,47±0,34 |

**Tab. 1:** Postoperative mittlere Sehschärfewerte [logMAR] bei den verschiedenen Defokusstufen, \*signifikanter Unterschied zwischen prä- und postoperativer Sehschärfe (Friedman-Test)



**Abb. 4:** Defokuskurve im korrigierten Zustand mit Messbrille, \*signifikanter Unterschied von prä- zu postoperativ (Friedman-Test)

## Diskussion

Unter der akkommodativen Trias versteht man drei wesentliche an der Akkommodation beteiligte Vorgänge:

- die Vergenz
- die Pupillenkonstriktion
- die Brechkraftzunahme der Augenlinse

Letztere wird durch eine Aufsteilung der Krümmungsradien sowie die damit verbundene Dickenzunahme und relative Vorwärtsbewegung der Linse erreicht. Dadurch nimmt weiterhin auch die VKT ab, die Iris wird in die Vorderkammer hineingeschoben. Die Faktoren Pupillenkonstriktion und Vorderkammertiefe spielen daher auch eine wichtige Rolle bei der Implantation phaker Intraokularlinsen.

Sowohl bei phaken irisfixierten als auch bei phaken kammerwinkelgestützten IOLs zeigen sich immer wieder Fälle von Pupillenverziehungen [9].

Ein unzureichender Abstand phaker Vorderkammerintraokularlinsen zum kornealen Endothel wird als entscheidender Faktor für die bei diesen Implantaten immer wieder beobachteten Endothelzellverluste angesehen [9]. Das in dieser Studie untersuchte Linsenmodell (Cachet, Alcon) zeigt bisher gute visuelle Ergebnisse und geringe Endothelzellverluste [5, 7, 8]. Von phaken irisfixierten Vorderkammerlinsen ist allerdings bekannt, dass sich diese bei Akkommodation mit der Iris mitbewegen, welche ihrerseits von der sich verdickenden natürlichen Augenlinse nach anterior verschoben wird [4, 11].

Diese Studie untersuchte entsprechend sowohl den Einfluss des Implantats auf das Pupillenspiel und die Veränderung der VKT bei Akkommodation sowie die Sehschärfe als auch den Einfluss der Akkommodation auf die Lagestabilität des Implantats.

Einen Monat postoperativ zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Änderung des PD oder der VKT bei Akkommodation. Auch in der Literatur zeigen sich drei Jahre nach Implantation keine Pupillenverziehungen [5]. Ein Einfluss des Implantats auf den PD kann aber in Ausnahmefällen nicht ausgeschlossen werden. Mit zunehmendem Alter verringern sich die Änderungen in PD und VKT wie zu erwarten.

Der Abstand der natürlichen Linse zum phaken Implantat nimmt bei Akkommodation ab, ebenso nimmt der Abstand der phaken Linse zum kornealen Endothel ab, allerdings in geringerem Maße. Die phake Linse wird also bei Akkommodation nur wenig nach anterior verschoben. Hier sind die Standardabweichungen und Spannweiten der gemessenen Abstände zu beachten. In Einzelfällen kann es zu stärkeren Bewegungen des Implantats kommen. Ob diese Einzelfälle verantwortlich für stärkere Endothelzellverluste sind, lässt sich aus dieser Studie nicht ableiten, da nur 1-Monats-Daten erhoben wurden und die Endothelzellzahl zwar gemessen, aber nicht ausgewertet wurde. Entsprechend der mit dem Alter abnehmenden Bewegung der natürlichen Linse nimmt auch die Bewegung des Implantats mit dem Alter ab. Bei älteren Patienten wird damit also ein Endothelzellverlust aufgrund sich bei Akkommodation bewegender phaker IOL noch unwahrscheinlicher.

Die korrigierte Sehschärfe zeigt sich wie bei fast allen phaken IOLs zur Myopiekorrektur im Vergleich zu präoperativ stark verbessert. Dies ist hauptsächlich auf die Zunahme der Netzhautbildgröße beim Wegfall der stark verkleinernden Minusgläser

zurückzuführen. Die Defokuskurven verlaufen jedoch prä- und postoperativ nahezu parallel, was einen negativen Einfluss des Implantats auf die Akkommodationsfähigkeit ausschließt. Die von Patienten immer wieder geäußerten postoperativen Schwierigkeiten im Nahbereich sind viel eher auf den ungewohnten Refraktionsstatus zurückzuführen. Im unkorrigierten postoperativen Zustand kann im Gegensatz zu präoperativ in kürzester Distanz nicht mehr deutlich gelesen werden, ohne die Akkommodation zu bemühen. Die Defokuskurve zeigt weiterhin, dass selbst bei mehr als 1 dpt sphärischem Restfehler noch sehr gute Sehschärfewerte erreicht werden, die von den Patienten durchaus als sehr gut empfunden werden können. Dieser Erkenntnis zufolge sollte die Praxis, vor Implantation der phaken Linse eine LASIK-Flap anzulegen, um mögliche postoperative Restfehler zu korrigieren, zumindest hinterfragt werden.

Eine mögliche Schwäche der Studie ist die manuelle Messung der Abstände anhand elektronischer Kaliper in der Gerätesoftware der OCT-Systeme. Diesem Umstand soll durch die relativ hohe Fallzahl von bisher 50 Augen entgegengewirkt werden. Weiterhin ermöglicht die Auswertung relativer Änderungen, also die Differenzen zweier Absolutwerte, die Minimierung systematischer Messfehler.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Implantation der phaken kammerwinkelgestützten Vorderkammerintraokularlinse Cachet keinen Einfluss auf das Pupillenspiel oder die Verringerung der Vorderkammertiefe bei Akkommodation nimmt. Die Position der phaken IOL in der Vorderkammer zeigt sich wenig abhängig von der Akkommodation. Der Abstand zur natürlichen Linse verringert sich bei Akkommodation leicht. Durch die Kammerwinkelpositionierung der phaken IOL wird diese Bewegung der natürlichen Linse nur unwesentlich an das Implantat weitergegeben, weshalb ein adäquater Abstand zum kornealen Endothel auch bei starker Akkommodation gewährleistet werden kann. Der postoperative Akkommodationserfolg wird durch das Implantat nicht beeinflusst, die korrigierte Sehschärfe steigt im Vergleich zur korrigierten präoperativen Sehschärfe mit Messbrille signifikant an.

## Literatur

1. ALIO JL, PINERO DP, SALA E, AMPARO F: Intraocular stability of an angle-supported phakic intraocular lens with changes in pupil diameter. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1517–1522
2. ALLEMANN N, CHAMON W, TANAKA HM ET AL.: Myopic angle-supported intraocular lenses: two-year follow-up. *Ophthalmology* 2000;107:1549–1554
3. BOURNE WM, NELSON LR, HODGE DO: Central corneal endothelial cell changes over a ten-year period. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38:779–782
4. GUELL JL, MORRAL M, GRIS O ET AL.: Evaluation of Verisyse and Artiflex phakic intraocular lenses during accommodation using Visante optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1398–1404
5. KNORZ MC, LANE SS, HOLLAND SP: Angle-supported phakic intraocular lens for correction of moderate to high myopia: Three-year interim results in international multicenter studies. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:469–480

6. KOHNEN T, KLAPROTH OK: Three-year stability of an angle-supported foldable hydrophobic acrylic phakic intraocular lens evaluated by Scheimpflug photography. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1120–1126
7. KOHNEN T, KNORZ MC, COCHENER B ET AL.: AcrySof phakic angle-supported intraocular lens for the correction of moderate-to-high myopia: one-year results of a multicenter European study. *Ophthalmology* 2009;116:1314–1321, 21 e1–3
8. KOHNEN T, KOOK D, MORRAL M, GUELL JL: Phakic intraocular lenses: part 2: results and complications. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36:2168–2194
9. MOLLER-PEDERSEN T: A comparative study of human corneal keratocyte and endothelial cell density during aging. *Cornea* 1997;16:333–338
10. SEKUNDO W, BISSMANN W, TIETJEN A: Behaviour of the phakic iris-claw intraocular lens (Artisan/Verisyse) during accommodation: an optical coherence biometry study. *Eur J Ophthalmol* 2007;17:904–908
11. STULTING RD, JOHN ME, MALONEY RK ET AL.: Three-year results of Artisan/Verisyse phakic intraocular lens implantation. Results of the United States Food And Drug Administration clinical trial. *Ophthalmology* 2008;115:464–472 e1
12. WANG L, MISRA M, KOCH DD: Peripheral corneal relaxing incisions combined with cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:712–722