

# SCIENCE VISION – SEHKORREKTION HEUTE

Im Dialog vor Ort: Augenlinik Köln-Merheim

Samstag, 7. September 2013

Vorträge

Neue Technologien:

**Klinische Erfahrungen mit dem ARGUS II Retina Implantat** 2

Dr. Hannah Schmitzek, Prof. Dr. Peter Walter

(Augenlinik, Universitätsklinikum Aachen, RWTH Aachen)

**Elektroadaptive Gläser – Brillengläser mit Spannung?** 4

Prof. Dr. Ralf Blendowske (Hochschule Darmstadt, Optotechnik und Bildverarbeitung)

Refraktion:

**Präzision versus Physiologie –  
Wie genau kann eine Refraktionsbestimmung sein?** 7

Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. (FH) Hans-Jürgen Grein

Sehkorrektur bei Katarakt-OP:

**Zielrefraktion bei Katarakt-OP- wie gut gelingt die Punktlandung?** 8

Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Wolfgang Haigis (Universitäts-Augenlinik Würzburg)

**Wann die neue Brille? – Refraktionsstabilität nach Katarakt-OP** 11

Friederike Dörner, Ärztin (Augenlinik Köln Merheim)

**Aktuelle OP-Techniken und langfristige Refraktionsstabilität  
bei Katarakt-OP** 16

Costin I. Mihaescu, Prof. Dr. med. Detlef Uthoff (Augenlinik Bellevue, Kiel)

## KLINISCHE ERFAHRUNGEN MIT DEM ARGUS II RETINA IMPLANTAT

*Dr. Hannah Schmitzek, Prof. Dr. med. Peter Walter  
(Universitätsaugenklinik an der RWTH Aachen)*

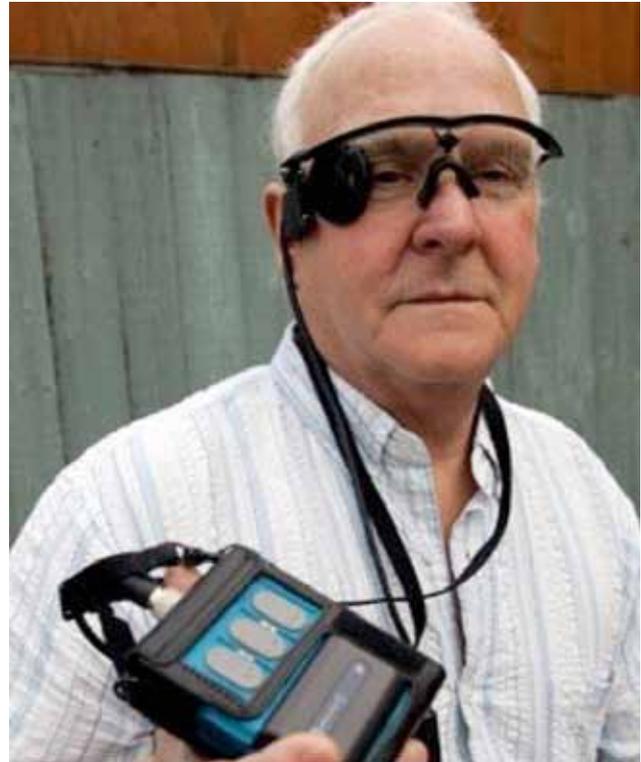
Das ARGUS II Retina Prothesensystem ist das erste zugelassene System zur Stimulation der Netzhaut bei erblindeten Patienten. Der Netzhautchip kann für den Patienten zu nutzbaren visuellen Eindrücken führen und die Kosten für die Operation sowie die anschließende Behandlung werden von den Krankenkassen getragen.

Menschen, die an Retinitis pigmentosa leiden, haben zunächst einen progredienten Gesichtsfeld- und Visusverlust, bis letztlich vollständige Erblindung eintritt. Die Retinitis pigmentosa betrifft dabei die äußere Netzhautschicht, in der die Fotorezeptoren absterben. Zuerst verschwinden die Stäbchenrezeptoren, die sich vor allem in der Peripherie der Netzhaut befinden, wodurch es zu einem fortschreitenden Gesichtsfeldausfall kommt, bis letztlich auch die Sehschärfe in der zentralen Restinsel verschwindet.

Die Aufgabe der Lichtrezeption kann in diesem Stadium der Erkrankung demnach nicht mehr durch die Netzhaut erbracht wer-



*Bild 1: epiretinler Netzhautchip ARGUS II*



*Bild 2: Patient mit Brillen- und Kamerasystem ARGUS II*

den, sodass hier das elektronische Stimulationssystem ARGUS II zum Tragen kommt. Durch dieses epiretinale System, welches durch eine Operation auf die Netzhaut aufgebracht wird, werden die noch verbliebenen Nervenzellen elektrisch stimuliert (vgl. Bild 1). Die so gereizten Zellen leiten die Information über den Sehnerv an das Gehirn weiter. Im Gehirn wird dieser Reiz dann als Lichtwahrnehmung verarbeitet.

Über eine Kamera, die in einer Brille befestigt ist, wird das Bild der Umgebung aufgenommen, umgerechnet und per Induktion auf sechzig Elektroden des Retinachips in das Innere des Auges übertragen (siehe Bild 2). Diese Elektroden, einzeln und im Muster stimuliert, befähigen den Patienten Helligkeitsabstufungen zu erkennen. Im Alltag befähigt das die Nutzer z. B. Licht,

Grenzen und Formen wahrzunehmen. Das erklärte Ziel des Systems ist es, den Betroffenen im Alltag die Mobilität und Orientierung zu erleichtern sowie die Eigenständigkeit zu fördern.

Eine intensive Lernphase schließt sich an die komplexe Operation an. Eine Visusverbesserung kann bis zu drei Jahren nach der Implantation erwartet werden. Die Patienten werden an den implantierenden Zentren intensiv mit Rehabilitationssitzungen unterstützt. Zudem wird eine heimatnahe Betreuung durch Mobilitäts- und Orientierungstrainer vor Ort gewährleistet. Diese Trainer üben mit den Patienten den Umgang mit den neuen Seheindrücken in ihrer häuslichen Umgebung.

## ELEKTROADAPTIVE GLÄSER – BRILLENGLÄSER MIT SPANNUNG?

Prof. Dr. Ralf Blendowske (Hochschule Darmstadt, Optotechnik und Bildverarbeitung)

Müssen Brillen demnächst nachts in die Ladestation? Wenn Sie sich für ein Gleitsichtglas mit zuschaltbarer Addition entscheiden, dann liegt es bis zum Morgen neben dem Smartphone oder der elektrischen Zahnbürste, um die Akkus wieder aufzuladen.

Ein solches Hybrid-Glas, das ein zuschaltbares Nahteil basierend auf einer diffraktiven Flüssigkristall-Linse besitzt, ist schon im Handel (USA) erhältlich. Bei normaler Betrachtung unterscheidet es sich nicht von üblichen Gläsern (vgl. Abb. 1); bei geeigneter Beleuchtungssituation können die elektrischen Zuleitungen (vgl. Abb.



Abbildung 1:  
Hybrid-Glas: gewöhnliche Ansicht



Abbildung 2: Hybrid-Glas:  
elektrische Zuleitungen

2, Quelle: O. Schmidt und G. Kiy) sichtbar gemacht werden und zwischen gekreuzten Polarisatoren tritt das elliptische Nahteil (vgl. Abb. 3) mit der Struktur einer Fresnel-Linse deutlich hervor.

Als Grundglas, in dessen zwei Hälften die dünne Flüssigkristall-Linse eingebettet ist, wird in diesem Fall ein Gleitsichtglas mit schwacher Addition verwendet (plan, Add 1,00 dpt). Für viele Bereiche des täglichen Lebens wird diese schwache Addition ausreichend sein. Bei Bedarf wird bei Betrachtung naher Objekte das zusätzliche Nahteil durch Tippen an die Fassungsbügel manuell zugeschaltet und die Addition auf 2,00 dpt erhöht. Alternativ kann durch Streichen entlang des Bügels auch ein Automatikmodus verwendet werden. Ein Beschleunigungssensor schaltet dann bei Kopfnäheigung bzw. -hebung die zusätzliche Addition ein bzw. auch wieder aus.

Das Grundglas zeigt mit seiner schwachen Addition nur einen geringen Astigmatismus im „Minkwitz-Gebirge“ seitlich der Progressionszone. Verzeichnungen sind ebenfalls deutlich gegenüber einem Glas



Abbildung 3: Hybrid-Glas:  
Elliptisches Nahteil mit Struktur einer Fresnel-Linse (gekreuzte Polarisatoren)

mit einer Addition von 2,00 dpt reduziert. Dies erinnert ein wenig an die Bildschirmarbeitsplatz-Gläser, die gerne auch für den alltäglichen Gebrauch fern des Monitors zweckentfremdet werden. Der Progressionskorridor wird dort, wo das Nahteil überlappt, in seiner Wirkung ebenfalls um etwa 1,00 dpt angehoben.

Die Flüssigkristall-Linse, die mit einer Wechselspannung von etwa 4V betrieben wird, schaltet im Millisekundenbereich ein. Der Ausschaltvorgang dauert wenige Sekunden; die zusätzliche Wirkung klingt in dieser Zeit ab.

Im eingeschalteten Zustand findet in der Linse Doppelbrechung statt. Es werden dann zeitgleich zwei Abbildungen erzeugt, von denen nur eine das Objekt in 500 mm Entfernung (2 dpt) im Fokus abbildet. Die Wirkung des Grundglases, allerdings mit einer Defokussierung von 1 dpt, bleibt weiterhin bestehen. Da die Wirkung des Nahteils auf einer binären diffraktiven Struktur beruht, werden nur etwa 20 Prozent der einfallenden Strahlung im Bildpunkt fokussiert. Das entstehende Streulicht (höhere Beugungsordnungen + defokussierte Abbildung) führt daher zu einer Kontrastminderung im Bild.

Anhand eines theoretischen Modells (Fresnel-Propagation) können die Wahrnehmungseindrücke für unterschiedliche Situationen simuliert werden, um die Wirkung der Hybrid-Brille zu veranschaulichen. Abb. 4 zeigt die Wahrnehmung eines Objektes in 500 mm Abstand bei einer Fehlfokussierung von 2 dpt (Fernpunkt im Unendlichen). Bei Verwendung des Nahteils des Grundglases (Abb. 5) reduziert sich der Defokus auf 1 dpt und Teile der Schrift sind nun lesbar. Wird das zuschaltbare Nahteil verwendet (vgl. Abb. 6), so gewinnt die Detailerkennbarkeit deutlich, auch wenn das Streulicht und die zeitgleich defokussierte Abbildung des Grundglases die Qualität sichtbar gegenüber der optimalen Situation (vgl. Abb. 7, nächste Seite) absenken.

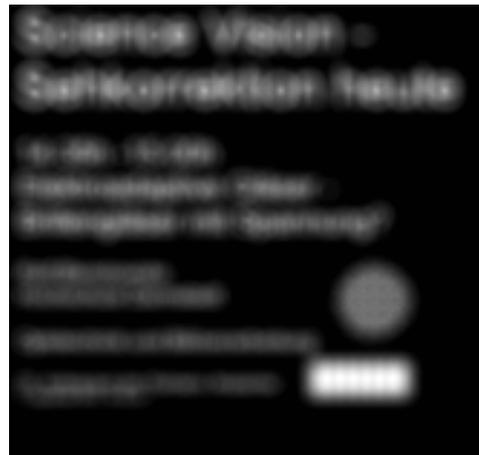


Abbildung 4: Wahrnehmung eines Objektes mit einer Fehlfokussierung von 2 dpt.



Abbildung 5: Betrachtung des Objektes aus Abb. 4 durch das Nahteil des Gleitsichtglases (ohne zusätzliche Addition)



Abbildung 6: Seheindruck bei zugeschalteter Addition. Die Kontrastminderung durch Streulicht ist deutlich sichtbar, die Verbesserung der Erkennbarkeit des Objektes aber auch.



Abb. 7: Original-Objekt ohne Defokussierung und Kontrastminderung durch Streulicht.

Auch wenn die Abbildungsgüte der Hybrid-Brille nur akzeptabel ist, so ist die Funktionsweise nachgewiesen. Im Alltag kann zwischen den Vorteilen eines Glases mit schwacher Addition und akzeptabler Abbildungsgüte im zuschaltbaren Nahteil und einem normalen Gleitsichtglas mit voller Addition abgewogen werden.

Vor fast 25 Jahren sagten die Autoren Fowler und Pateras [1] in einem Überblicksartikel zu Flüssigkristall-Linsen voraus, dass dieser Linsentyp die Zukunft der Presbyopie-Korrektur darstellt. Im Jahr 2006 stellten Li et al. [2] einen ersten Prototypen einer adaptiven Brille mit dieser Technologie vor. Seit 2011 [3] ist der Schritt zu einem ersten verfügbaren Produkt getan.

Mit den Hybrid-Brillen sind nun die Flüssigkristalle von den Monitoren der Fernseher, Computer, Tablets und Smartphones noch näher an unsere Augen gerückt.

- [1] Fowler C.W., Pateras E.S. : Liquid crystal lens review, *Ophthal. Physiol. Opt.*, 1990, Vol. 10, 186-194
- [2] Li G., et al.: Switchable electro-optic diffractive lens with high efficiency for ophthalmic applications, *PNAS*, 2006, Vol. 103, 6100-6104
- [3] Blum R.D., et al., US Patent 7,971,994 B2, July 2011

Präzision versus Physiologie –

## WIE GENAU KANN EINE REFRAKTIONSBESTIMMUNG SEIN?

*Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. (FH) Hans-Jürgen Grein*

Die Reproduzierbarkeit subjektiver Refraktionsergebnisse ist durch verschiedene Faktoren begrenzt. Zu den wesentlichen Einflussfaktoren gehören Eigenschaften der Messmethode sowie Eigenschaften von Proband und Prüfer. Im Rahmen des 23. und des 27. Fielmann Akademie Kolloquiums sowie in einem veröffentlichten Artikel werden die Ergebnisse einer Probandenstudie zu diesem Thema vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt auf der Messsicherheit subjektiver Refraktionsbestimmungen an gesunden Augen. Die Darstellung der Ergebnisse vorangegangener Studien durch die jeweiligen Autoren ist inhomogen und lässt sich ohne die originalen Datensätze nicht vollständig vereinheitlichen. Soweit vergleichbar, decken sich die Ergebnisse unserer Studie mit denen früherer Untersuchungen weitgehend: Bei einer wiederholten subjektiven Refraktionsbestimmung liegen 95 Prozent der Abweichungen vom mittleren Refraktionsergebnis bei etwa  $\pm 0,2$  bis  $\pm 0,65$  dpt für das sphärische Äquivalent und die Zylinderstärke. Die Reproduzierbarkeit von Refraktionsergebnissen bei gesunden Augen ist selbst unter optimalen Bedingungen begrenzt. Zur sicheren Bewertung eines Refraktionsergebnisses muss der individuelle Streubereich des Probanden bekannt sein. Hierzu müssen mehrere Messungen durchgeführt werden. Refraktionsmessungen ohne Toleranz sind nicht möglich.

[Zum vollständigen Artikel](#)

# ZIELREFRAKTION BEI KATARAKT-OP – WIE GUT GELINGT DIE PUNKTLANDUNG?

Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Wolfgang Haigis (Universitäts-Augenklinik Würzburg)

## Einleitung

Goethe war kein Freund von Brillenträgern. So bemerkt er harsch in seinem Gedicht ‚Feindseliger Blick‘:

*... Kommt jener nun mit Gläsern dort,  
so bin ich stille, stille;  
ich rede kein vernünftig Wort  
mit einem durch die Brille. ...*

Häufig – jedoch nicht zwingend und nicht immer – ist Emmetropie das Ziel bei einer Katarakt-OP bzw. der Implantation einer intraokularen Linse (IOL). Von großer Bedeutung ist natürlich, wie gut dies heute erreicht werden kann. Der folgende Beitrag versucht, hierauf eine Antwort zu geben.

Hierzu werden die Einflussfaktoren auf das refraktive Ergebnis untersucht und die mit heutigen Verfahren und Methoden theoretisch erreichbare Vorhersagegenauigkeit bestimmt. Diese Werte werden sodann mit aktuellen klinischen Ergebnissen verglichen.

## Einflussfaktoren auf das refraktive Ergebnis

Drei Haupteinflüsse lassen sich identifizieren:

1. die Wahl der passenden Intraokularlinse und alle hierbei relevanten Messverfahren (Biometrie, Keratometrie, Refraktionsbestimmung, ...) und Rechenprozesse (IOL-Formel, Bestimmung der effektiven Linsenposition (ELP), ...),
2. operatorspezifische Faktoren (Qualität der OP, Rhexis, Zentrierung, Zonula-Integrität, induzierter Astigmatismus, ...) und
3. patientenspezifische Faktoren (Compliance, Wundheilung, ...)

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wollen wir uns im Wesentlichen mit den Einflüssen der verschiedenen Mess- und Verarbeitungstechniken beschäftigen.

## Biometrie

Das Verfahren der Wahl ist heute zweifellos die optische Biometrie, gefolgt von Immersionsultraschall. Der Einsatz von Kontaktultraschall ist verdientermaßen zurückgegangen. Problematisch beim Kontaktultraschall ist, dass man im Gegensatz zu früher nicht mehr von einer typischen Differenz von 0.2 – 0.3 mm zum Immersionswert ausgehen kann. Dies liegt daran, dass die Gerätehersteller die spezifischen Fehler der Kontakttechnik (Bulbus-Eindellung, Nullpunktfehler) auf nicht nachvollziehbare Weise digital kompensieren, was zu Achslängen-Messwertdifferenzen von 0 bis 0.5 mm zwischen Immersions- und Kontakttechnik führen kann.

Die Genauigkeit der optischen Biometrie ist nicht mehr durch die Hardware, sondern durch physiologische Vorgänge begrenzt. Mit ihr ist es gelungen, den Achslängenmessfehler von 66 auf 2 Prozent zu drücken.

## Keratometrie

Die klassische Keratometrie und Topographie leitet die Hornhautbrechkraft aus der Messung des kornealen Vorderradius mit Hilfe eines Keratometerindex ab. Letzterem liegen Annahmen zur Geometrie des Auges (z. B. zum Verhältnis von Vorder- zu Hinterradius) zugrunde. Bei Normalaugen hat sich dieses Verfahren bewährt, nicht jedoch bei Augen nach refraktiver Hornhautchirurgie, bei denen ja gerade das Verhältnis von Vorder- zu Hinterradius modifiziert wird.

Verbesserungen bei den bildgebenden Instrumenten für den okulären Vorderabschnitt erlauben heute zusätzlich zum Vorderradius die Messung des Hinterradius, so dass die Notwendigkeit der Annahme eines konstanten Radienverhältnisses entfällt. Die so direkt ableitbaren Hornhaut-Brechkräfte unterscheiden sich allerdings von den klassischen K-Werten, was bei der IOL-Berechnung entsprechend berücksichtigt werden muss.

### Methoden zur IOL-Berechnung

Zu den populären Formeln zur Berechnung der notwendigen Stärke von Intraokularlinsen zählen die Haigis-, HofferQ-, Holladay-1-, Holladay-2-, SRK/T- und SRK-II-Formel. Mit Ausnahme der rein empirischen SRK-II-Formel basieren alle anderen auf der paraxialen Gauss'schen Optik und der Näherung dünner Linsen und lassen sich durch eine einfache physikalische Formel ('elementare' IOL-Formel) ausdrücken. IOL-Formeln unterscheiden sich darin, wie reale Messwerte in die idealisierten Formelvariablen übersetzt werden und wie verschiedene Intraokularlinsen mathematisch (in Form von IOL-Konstanten) in der Formel repräsentiert werden. Die größten Unterschiede zwischen den einzelnen IOL-Formeln liegen indes in den individuellen Algorithmen zur präoperativen Bestimmung der postoperativen Linsenposition (ELP).

Bei geeigneter Wahl der IOL-Konstanten liefern alle IOL-Formeln bei normalen Achslängen vergleichbare Ergebnisse. Bei langen oder kurzen Augen zeigen sich dann individuelle Unterschiede, was einzelne Formeln besser oder schlechter geeignet für diesen Achslängenbereich macht.

Kurze Augen können je nach Achslänge so starke IOL-Brechwerte benötigen, dass die den IOL-Formeln zugrundeliegende Näherung dünner Linsen zusammenbricht. In diesem Fall ist es sinnvoll, den IOL-Hersteller seiner Wahl zu kontaktieren, um eine patientenspezifische Sonderlinse anfertigen

zu lassen. Zur Stärkenbestimmung wird er exaktes oder paraxiales Ray-tracing einsetzen.

Die Literatur zeigt, dass Ray-tracing bei normalen Augen keinen wirklichen Vorteil gegenüber den klassischen Formeln in Gauss'scher Optik ergibt. Die hohe Anzahl der dabei verwendeten fehlerbehafteten Variablen kann sogar zu einer größeren Streuung führen als im klassischen Falle.

### Theoretisch erreichbare Genauigkeit

Geht man von realistischen Fehlern für die einzelnen IOL-Formelparameter aus und berechnet daraus den resultierenden Gesamtfehler für die arithmetische Abweichung zwischen erreichter und vorausberechneter Refraktion, so erhält man für normale Augen  $\pm 0.7$  D. Dabei wurde ein Achslängenfehler von  $\pm 0.2$  mm angenommen, wie er für die Ultraschall-Kontaktbiometrie typisch ist. Beim Einsatz der optischen Biometrie ( $\pm 0.020$  mm) ergibt sich eine Unsicherheit von  $\pm 0.5$  D. Mit diesen Daten lässt sich aus den mathematischen Eigenschaften der Gauss-Funktion herleiten, wie hoch die prozentualen Anteile richtiger Refraktionsvorhersagen innerhalb bestimmter Grenzen sind. So werden bei einer Standardabweichung von  $\pm 0.5$  D und einem systematischen Fehler von  $+1$  D 15.7 Prozent der Refraktionsergebnisse korrekt innerhalb  $\pm 0.5$  D vorhergesagt. Bei einer Standardabweichung von  $\pm 0.50$  D ohne systematischen Fehler sind es bereits 68.3 Prozent. Systematische Fehler lassen sich durch Optimierung von IOL-Konstanten minimieren, und die angegebenen Zahlen zeigen beeindruckend die Wirksamkeit der Optimierung. Noch höhere Präzision erreicht man, wenn die Standardabweichung des Vorhersagefehlers bei  $\pm 0.25$  D liegt: in diesem Fall erhält man 95.5 Prozent korrekt innerhalb  $\pm 0.5$  D berechneter Refraktionen.

### Praktisch erreichte Genauigkeit

Nimmt man wieder den Prozentsatz kor-

rekt innerhalb  $\pm 0.5$  D vorausberechneter Refraktionswerte als Genauigkeitskriterium, so findet man in der Literatur Zahlen von 45 bis 70 Prozent sowie einen Wert bei 80 Prozent. Alle Angaben sind klinische Ergebnisse, wobei das Studiendesign, das zu 80 Prozent führte, idealisierende Einschlussbedingungen vorsah.

### **Zusammenfassung**

Zusammenfassend kann man feststellen, dass mit den heute verfügbaren Mitteln schon sehr gute refraktive Ziellandungen möglich sind. Die postoperative Position der Kunstlinse lässt sich – im Mittel – auch vergleichsweise gut vorhersagen, weniger gut, wenn es um den einzelnen Patienten geht. Hier dürfte man die Grenzen der biologischen Variabilität fast erreicht haben.

### Literatur

[1]: Von Goethe JW: Gedicht: Feindseliger Blick. Gedichte, II.Theil. Philipp Reclam jun, Leipzig, 1885

# WANN DIE NEUE BRILLE? – REFRAKTIONSSTABILITÄT NACH KATARAKT-OP

Friederike Dörner, Ärztin (Augenlinik Köln Merheim)

## Hintergrund:

Das „Modelvorhaben“ war der erste Vertrag in Deutschland, der die Katarakt-Operation in einem Bundesland (Nordrhein) über einen definierten Zeitraum von fünf Jahren (2000-2005) zwischen allen Kassen und allen ambulanten Operateuren regelte. Bestandteil des Vertrages war eine Datenerhebung mit dem Ziel, die Qualität der ambulanten Katarakt-Operationen zu Beginn der Kleinschnitt-Technik zu dokumentieren. Epidemiologie und refraktives Ergebnis nach der Operation sowie Komplikationen während und nach dem Eingriff zu dokumentieren und zu untersuchen sowie Verbesserungspotenzial heraus zu finden waren weitere potenzielle Möglichkeiten. Bei diesen einmalig vorliegenden konsekutiven Patientendaten aller operierter Patienten mit einer Katarakt in einer fest umrissenen Region, mit Ausnahme der Privatversicherten Patienten und der Patienten, die (z. B. wegen einer Pflegestufe) stationär operiert wurden.

## Methoden

Für diese Untersuchung wurde eine zufällige Stichprobe von 22 533 Datensätzen aus 82 000 konsekutiven Fällen von Katarakt-Operationen ausgewählt, die zwischen 2000 und 2005 in der Region Nordrhein/Deutschland operiert und dokumentiert wurden.

## Ergebnisse

Die Katarakt-Operation verbesserte den durchschnittlichen korrigierten Visus von 0,32 auf 0,67.

Schwere Komplikationen traten selten auf. Während der OP wurde in einem Prozent der Fälle eine Komplikation dokumentiert. In den postoperativen Kontrollen

wurden bei zehn Prozent der Patienten Komplikationen gefunden, von denen die meisten nicht Visus-bedrohend waren.

Schlussfolgerungen Der geringen Rate schwerwiegender Komplikationen (z. B. Endophthalmitis) ist es zuzuschreiben, dass für die gefundenen Komplikationen keine Ursachen hoher Signifikanz gefunden wurden.

Im Ergebnis ist die Katarakt-Operation in Kleinschnitttechnik ein sicheres Verfahren mit hohem Qualitätsstandard. Die ambulante OP ist der stationär durchgeführten OP nicht unterlegen.

## Einleitung

Weltweit ist die Katarakt-Operation die am zweithäufigsten durchgeführte OP<sup>1</sup>. In Deutschland werden im Jahr etwa 600 000 Katarakt-Operationen durchgeführt<sup>2</sup>.

In den letzten Jahren hat die Katarakt-Operation sich zu einem hoch standardisierten Verfahren entwickelt. Phakoemulsifikation, Mikroinzisionstechnik und faltbare Linsen sind Teil dieser Entwicklung. Die Anzahl an durchgeführten Operationen und die Kosten pro Fall stiegen, u.a. durch eine technische Verbesserung sowie die gestiegenen Hygiene Standards.

Heutzutage wird ein großer Teil der Katarakt-Operationen ambulant durchgeführt, wenn nicht schwerwiegende Begleiterkrankungen dagegen sprechen.

<sup>1</sup>Male circumcision: global trends and determinants of prevalence, safety and acceptability. World Health Organization and Joint United Nations Programme on HIV/AIDS, 2007, S. 7–8.

<sup>2</sup>Deutsches Ärzteblatt

## Ergebnisse

Tabelle 1 Population und präoperativer medizinischer und ophthalmologischer Status

<b>Alter</b>	
Durchschnitt 73,46 Jahre	
69 % über 70 Jahre	
1,5 % über 90 Jahre	
1,9 % unter 50 Jahre	
<b>Geschlecht</b>	
66 % weiblich,	
34 % männlich	
<b>Betroffenes Auge</b>	
51 % rechts, 49 % links	
<b>Chronische Erkrankungen</b>	
8 % Allergien	
26 % Hypertonus	
12 % Diabetes	
<b>Begleitende Augen-Erkrankungen</b>	
8 % Glaukom	
2 % Amblyopie	
3 % Endotheldegeneration oder Pseudoexfoliation	
<b>Vor-Operationen</b>	
1,18 % Vitrektomie präoperativ	
0,67 % Glaukom-OP präoperative	
5 % andere Augen Operationen	
0,24 % Iridektomie	
<b>Vorbestehende erschwerende Faktoren</b>	
2,80 % Endotheldegeneration	
0,61 % Zonuladefekt	
2,80 % PEX	
10,04 % Sehr harte Linse	
3,99 % Kleine Pupille	

Tabelle 2 Bestkorrigierter Visus

Visus	Präoperativ (Anzahl)	Postoperativ (Anzahl)
1,0	0	4143
0,9	13	1405
0,8	103	4860
0,7	192	2031
0,6	2719	2643
0,5	4793	2118
0,4	4580	1193
0,3	4019	798
0,2	2609	613
0,1	1420	396
0,05	472	158
0 (L+, P+, FZ)	434	171
Keine Angaben	1179	2005
<b>Visus, Durchschnitt</b>	<b>0,32</b>	<b>0,67</b>

Die Datenerhebung wurde auch durchgeführt um gleichwertig gute OP-Ergebnisse der ambulanten Chirurgie zu bestätigen. Ein Schwerpunkt wurde initial auf zwei Dinge, nämlich die Endophthalmitis als schwerwiegende Komplikation, sowie auf den postoperativen Astigmatismus gelegt.

## Material und Methoden

Diese Datenanalyse beschäftigt sich mit 82 000 konsekutiven Fällen von Katarakt-Operationen, die in den Jahren 2000 bis 2005 in der Region Nordrhein durchgeführt und dokumentiert wurden.

Eine begleitende Dokumentation war für alle ambulant durchgeführten Katarakt-Operationen in diesem Zeitraum in der entsprechenden Region bei Patienten mit einer gesetzlichen Krankenversicherung obligatorisch, die Bezahlung war an die Dokumentation gebunden. Es gab darüber hinaus keine Ausschlusskriterien. Der dreiseitige Dokumentationsbogen war zu 56 Prozent komplett ausgefüllt.

Kleinschnitttechnik und faltbare Linsen waren als Standardtechnik vorgesehen, und vorgeschrieben durch entsprechende Vorgaben im Vertragstext.

Eine zufällige Stichprobe von 22 533 Datensätzen wurde aus der gesamten Datenmenge von 82 000 für diese Auswertung ausgewählt. Eine erste Stichprobe wurde bereits zeitgleich mit der laufenden Datenerhebung durch das WIAD<sup>3</sup> ausgewertet. In Summe sind somit 37 Prozent der erhobenen Bögen ausgewertet worden.

Besondere Aufmerksamkeit wurde den folgenden Punkten geschenkt:

1. der Population die sich einer Katarakt-Operation unterzieht.
2. der Qualität der Operation anhand von postoperativem Visus und induziertem Astigmatismus.

<sup>3</sup>Wissenschaftliches Institut der Ärzte Deutschlands

3. die Häufigkeit der Komplikationen während und nach der OP.

Die Studie ergibt durch die umfassende konsekutive Erhebung Daten, die als typisch für das Klientel der ambulanten Katarakt-Operation anzusehen sind.

In 78% der Fälle wurde durch die Katarakt-Operation eine Verbesserung des Sehens erreicht. Der durchschnittliche Visus stieg von 0,32 vor der OP auf 0,67 nach der OP. In 15 % der dokumentierten Fälle war ein Grund für die postoperative reduzierte Sehschärfe angegeben.

Makulaerkrankungen (5,95%), Affektionen der Hornhaut (5,65%) und Amblyopie (0,54%) waren die häufigsten. In 9% der Fälle lag der letzte dokumentierte Visus nach der OP unter 0,3.

### Refraktion vor und nach Katarakt-Operation

Tabelle 3

- 51 % präoperativ innerhalb +/- 1 Dioptrie
- 53 % postoperativ innerhalb +/- 1 Dioptrie
- 14 % präoperativ > 3 Dioptrien ametrop
- 13 % postoperativ > 3 Dioptrien ametrop

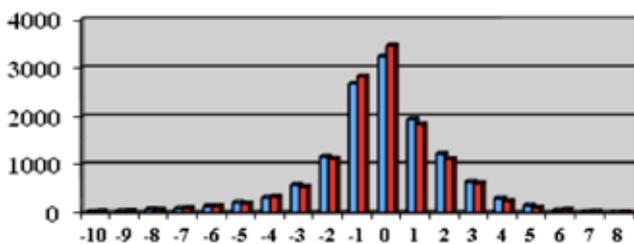


Abb. 1: Das Sphärische Äquivalent des Kollektivs in 1 dpt-Schritten vor und nach der Operation, Anzahl absolut  $n=12\,889$  (präoperatives sphärisches Äquivalent),  $n=12\,884$  (postoperatives sphärisches Äquivalent)

Durch die Katarakt-Operation zeigte sich in der Refraktion ein leichter Shift in die Myopie. Die Zielrefraktion wurde nicht mit erfasst. Eine gewünschte Myopisierung wäre also möglich.

Der Mittelwert des Astigmatismus präoperativ lag bei -0,59 dpt postoperativ reduzierte sich dieser Wert etwas auf -0,44 dpt. In 84% der Fälle lag die Veränderung des Astigmatismus durch die OP <1 dpt. Die Achslage des Schnittes wurde nicht dokumentiert

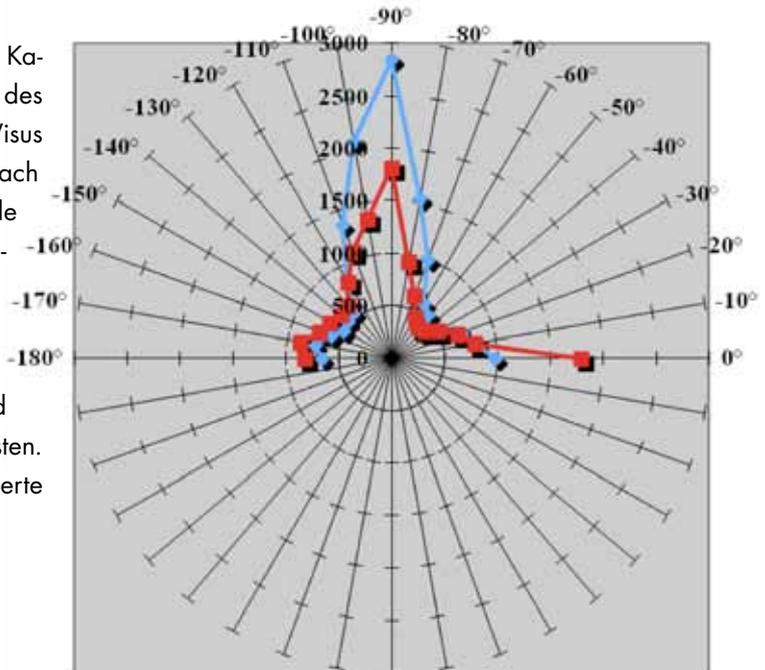


Abb. 2: Achslage des Zylinderwertes nach TABO-Schema<sup>4</sup> vor und nach Katarakt-Operation, Anzahl absolut, Achslagen wurden in Gruppen zusammengefasst: 0°–5°, >5°–15°, >15°–25°, [...], >175°–180°

Die überwiegende Anzahl der Katarakt-Patienten hat präoperativ einen Astigmatismus gegen die Regel. Dieser wird durch den Schnitt von temporal bei der Katarakt-Operation reduziert.

Geplant war es, die Refraktion der Patienten zu 4 verschiedenen Zeitpunkten zu erfassen. Präoperativ, am 1. postoperativen Tag, eine Woche nach der OP und zuletzt 3 Monate nach der Grauen Star-Operation. Bei der Auswertung der Bögen zeigte sich, dass die Nachuntersuchungen lückenhaft dokumentiert waren. Dieses mag auch daran liegen, dass mehrere Akteure für die Dokumentation zuständig waren.

<sup>4</sup>TABO: Technischer Ausschuss für Brillenoptik

Der Mittelwert des SIRC lag in dieser Arbeit bei 1,76 dpt.

*Tabelle 4*

*Komplikationen nach Katarakt-Operation.*

Hypopyon	5
Wunddehiszenz	6
Relevante IOL-Dezentrierung	8
Vorderkammereinblutung	8
Endophthalmitis	11
Hypotonie	12
Ausgeprägte hintere Kapsel­fibrose	30
Ausgeprägter Reizzustand	56
Hoher postoperativer Astigmatismus	57
Zystoides Makulaödem	104
Hornhautde­kompensation	132
Druckanstieg	260
Sonstige Komplikationen	312
Descemetfalten	1153

Die durchschnittliche Komplikationsrate lag in dieser Arbeit bei 8,53 %. Mehrfachnennungen waren möglich. Eine zweite Operation wurde in 112 von 22533 Fällen durchgeführt.

Komplikationen während der Operationen waren selten. In etwa 1 % der Fälle wurde eine Komplikation dokumentiert. Die häufigste Komplikation während der OP war die Kapselruptur, gefolgt von Glaskörperprolaps und Zonolyse.

### **Diskussion**

Die geringe Rate an Komplikationen bei ambulant durchgeführten Komplikationen führt zu statistisch Problemen bei der Auswertung. Viele Eingangsvariable verteilen sich auf wenige Komplikationen. Es wird kein hohes Signifikanzlevel erreicht. Trotzdem wurden einige Risikofaktoren identifiziert.

Diese Arbeit zeigt unter anderem, dass die ambulante Katarakt-Operation auf einen sehr hohen Qualitätslevel durchgeführt wird. Die Patienten profitieren von modernen Operationstechniken, wie der Phakoemulsifikation, der Kleinschnitttechnik und faltbaren Linsen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind insofern einzigartig als dass alle Patienten fortlaufend dokumentiert wurden, die in der Region Nordrhein im Zeitraum der Datenerhebung (2000-2005) ambulant Kataraktoperiert wurden.

Desweiteren wurden viele Einflusskriterien, verschiedenste Komplikationen und Qualitätskriterien dokumentiert.

Besonderes Augenmerk wurde schon in der Planungsphase der Studie auf zwei Dinge gelegt, nämlich die Endophthalmitis als besonders gravierende Komplikation und auf das refraktive Ergebnis. Durch die quasi obligatorische Einführung der Kleinschnitttechnologie und Faltlinsenimplantation mit dem „Modellvorhaben“ hofften die Beteiligten des Vertrages eine Qualitätsverbesserung durch niedrige postoperative Restfehlsichtigkeit zu erreichen. Dieses Ziel, insbesondere die Reduktion des postoperativen Astigmatismus, wurde nur teilweise erreicht. Die Refraktion sollte zu vier verschiedenen Zeitpunkten dokumentiert werden: präoperativ, am ersten postoperativen Tag, eine Woche nach der Operation und nach drei Monaten. Die Dokumentation der Werte zu den unterschiedlichen Zeitpunkten wurde von bis vier verschiedenen Doktoren dokumentiert. Dem Zuweiser, dem Operateur und den nachbehandelnden Ärzten. Dies führt unweigerlich zu einer Lücke in der Dokumentationskette.

Bei lückenhafter Dokumentation der Refraktionswerte zu den vorgegebenen Zeitpunkten ist der Zeitpunkt der Refraktionsstabilität nach der Operation nicht sicher zu belegen.

Die Anzahl schwerwiegender Komplikationen war erstaunlich gering. Insbesondere die Fälle von Endophthalmitis konnten keiner Variable kausal zugeordnet werden. Die statistische Auswertung geringer Zahlen von Komplikationen stößt auf statistisch-methodische Schwierigkeiten.

Der SIRC von 1,76 dpt zeigt, dass auch durch restriktive Vorgaben nicht unbedingt das wahrscheinliche Ergebnis einer Reduktion des Astigmatismus zu erreichen ist.

Mit der gut gemeinten Einführung neuer Techniken treten neue Komplikationen auf (z.B. Hornhautdekomensation bei hoher Schalleistung), in diesem Falle bedingt durch die quasi synchronisierte Vorgabe der Phacoemulsifikation auch bei den Operateuren, die bisher mit dieser Methode wenig Erfahrung hatten.

Zusammenfassend bildet diese Dokumentation das Patienten-Klientel vor, während und nach der Katarakt Operation ab.

Der Zeitpunkt der Refraktionsstabilität ist in hohem Maße abhängig von der Operationstechnik und der individuellen Rehabilitationszeit des Patientenauges, sowie von etwaigen Komplikationen. Er liegt vermutlich im Bereich von wenigen Tagen bis hin zu einigen Wochen.

# AKTUELLE OP-TECHNIKEN UND LANGFRISTIGE REFRAKTIONSSTABILITÄT BEI KATARAKT-OP

Prof. Dr. med. Detlef Uthoff (Direktor der Augenlinik Bellevue, Kiel)

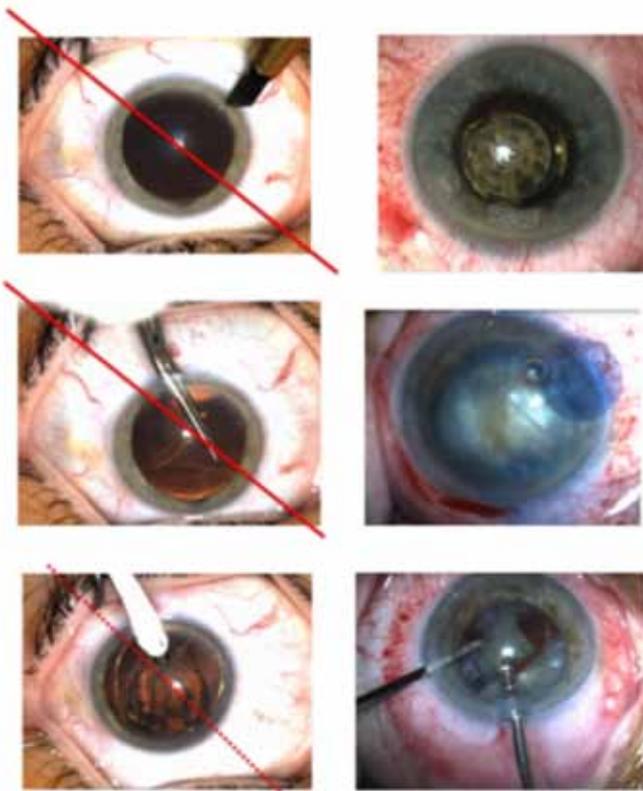


Abb. 1: Manuelle (links) und computerunterstützte Kataraktoperation

Als Katarakt wird die meist ab dem 65. Lebensjahr auftretende Eintrübung der körpereigenen Linse bezeichnet. Bei Nichtbehandlung führt diese Augenkrankheit früher oder später zur Erblindung, sodass eine Operation obligatorisch ist.

Schon früh wurde die Medizin auf diese Erkrankung und die notwendige Behandlung aufmerksam. Bereits in frühen Aufzeich-

nungen werden die Symptome und erste Behandlungsversuche z. B. mittels Starstich beschrieben. Die Implantation einer Kunstlinse (Harold Ridley, 1949) sowie das Emulsifizieren des eingetrübten Linsenkerns mittels Ultraschallenergie (Phakoemulsifikation, Charles Kelman 1967) sind zudem weitere Meilensteine der Kataraktchirurgie.

Als aktuelle Innovation ist die laserassistierte Kataraktchirurgie zu betrachten, bei der mit Hilfe eines Femtosekundenlasers verschiedene Operationsschritte (Kapsulotomie, Fragmentierung des Linsenkerns, LRI, CCI) getätigt werden. [Abb. 1]

Im Fokus der Wissenschaft stehen demzufolge insbesondere Vergleichsstudien zwischen der manuellen und der laserassistierten Operationstechnik.

Eine erste Vergleichsstudie in der Augenlinik Bellevue (Kiel) mit insgesamt 200 Patienten (100 Femto-Phako / 100 manuelle Phako) zeigt bereits erste Vorteile der Femto-Kataraktchirurgie in Bezug auf Phakozeit, Energieeinsatz und Endothelzellverlust. Das Verfahren scheint in vieler Hinsicht schonender und sicherer als die manuelle Operation zu sein. [Tab.1]

## Refraktionsstabilität

Ebenfalls interessant erscheint ein Blick auf

Tab. 1: Ergebnisse der LensAR-Studie, Augenlinik Bellevue, 2013

n= 166	man. Phako (n=59)	Femto-Katarakt (n=107)
Kernhärte (LOCS III) (Median)	2	2
Phako-Zeit (Sek.)	4,15	1,96
Lens Tilt (Grad)	–	2,93
Suction time (min:sek)	–	3:43*
Endothelzellverlust (%)	7,51% **	4%

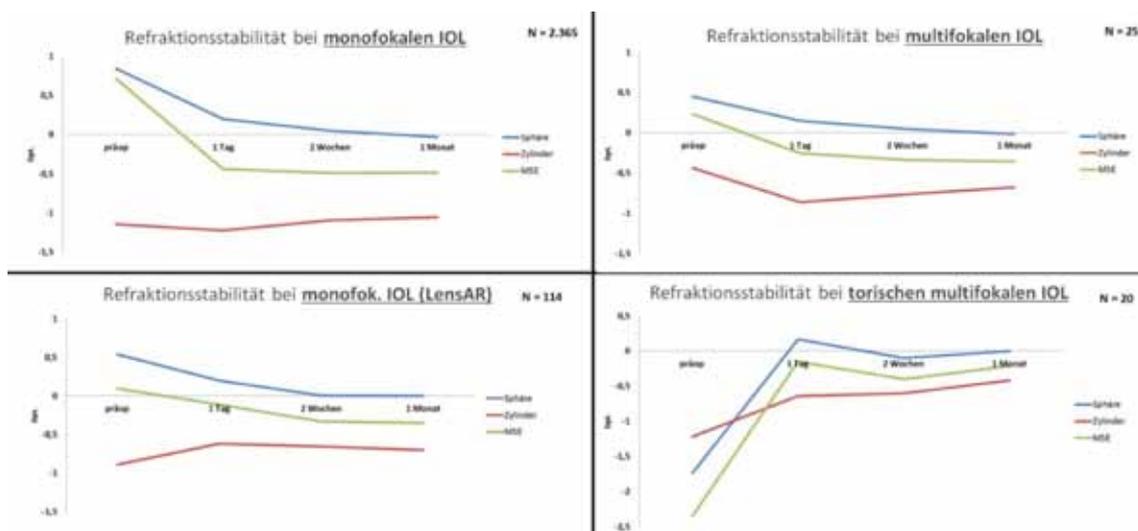


Abb. 2: Refraktionsentwicklung der unterschiedlichen Linsen, Auswertung der QNB-Datenbank, 2013, Augenlinik Bellevue

die Refraktionsstabilität der unterschiedlichen Operationsverfahren und Linsensysteme.

Die Refraktionsergebnisse zeigen tendenziell geringere Refraktionsfehler zu Gunsten der Femto-Kataraktchirurgie wobei die Ergebnisse von den Linsentypen abhängig sind. [Abb. 2]

Bei Monofokallinsen (manuell/femto) bleibt ein vorhandener Astigmatismus bestehen und der Nahvisus unkorrigiert. Es erfolgt lediglich eine Korrektur des Fernvisus. Tendenziell zeigt sich hierbei, dass bei der Femto-Kataraktchirurgie im Vergleich zur manuellen Kataraktchirurgie geringere Refraktionsfehler auftreten. Grund dafür kann u. a. die präzise Rhexis sein.

Sowohl bei Multifokallinsen als auch bei torischen Multifokallinsen erfolgt eine Korrektur des Nah- und Fernvisus. Eine Astigmatismuskorrektur erfolgt jedoch nur bei den torischen Linsen.

Der Einfluss der unterschiedlichen Refraktionsergebnisse auf den Visus ist klar zu erkennen. [Abb. 3] Im Vergleich zu Monofokallinsen zeigt sich ein besserer Visus-Verlauf der Multifokallinsen. Außerdem ist ein signifikanter Einfluss der Astigmatismuskorrektur erkennbar.

### Fazit

Die Femto-Kataraktchirurgie scheint ein weiterer Fortschritt in der Kataraktchirurgie zu sein. Studien zeigen bereits diverse Vorteile im Vergleich zur manuellen Kataraktchirurgie.

Die computerunterstützte Operationstechnik wirkt schonender und präziser als das manuelle Verfahren und zeigt geringere Refraktionsfehler bei allen Linsentypen. Gerade bei schwierigen Eingriffen (harten Linsenkernen, subluxierten Linsen) ist sie eine ideale Ergänzung für den Chirurgen.

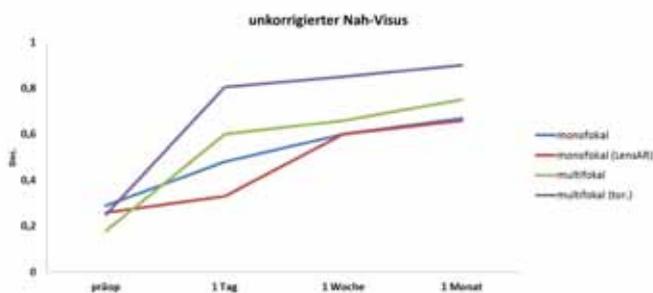


Abb. 3: Visus-Vergleich der unterschiedlichen Linsen, Auswertung der QNB-Datenbank, 2013, Augenlinik Bellevue