

# AKTUELLE ASPEKTE DER SEHKORREKTION

Im Dialog vor Ort:  
Augenklinik des Ernst von Bergmann Klinikums Potsdam

Samstag, 18. Oktober 2014

<b>Geisterbilder und Schatten – optische Phänomene nach Katarakt-OP</b>	2
Prof. Dr. Achim Langenbacher, Leiter Experimentelle Ophthalmologie, Universität des Saarlandes	
<b>Richtig refraktioniert? – Refraktionsgenauigkeit auf dem Prüfstand</b>	5
Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. (FH) Hans-Jürgen Grein	
<b>Hightech im Auge – Akkommodierendes Intraokularlinsensystem</b>	6
Prof. Dr. rer. nat. Oliver Stachs, Universitäts-Augenklinik Rostock	
<b>Sehen 3.0 – Was werden digitale Sehsysteme für die Augenoptik bedeuten?</b>	9
Jörg Spangemacher, Staatl. gepr. Augenoptiker, Publizist	

## GEISTERBILDER UND SCHATTEN – OPTISCHE PHÄNOMENE NACH KATARAKT-OP

*Prof. Dr. Achim Langenbacher*

*Leiter Experimentelle Ophthalmologie, Universität des Saarlandes*

Die Entwicklung der Operationstechnik wie auch der Linsen-Designs und -Materialien ist in den vergangenen Jahren rasant vorangeschritten. So werden heute neben Standard-Intraokularlinsen zunehmend Linsen mit zusätzlichen Merkmalen eingesetzt, die z. B. die mittlere sphärische Aberration des Auges mindern oder auskorrigieren, den Hornhautastigmatismus ausgleichen, den Blaulichtanteil des Lichtspektrums ausblenden oder auch durch eine Überlagerung von Bildern aus verschiedenen Objektentfernungen eine Pseudoakkommodation generieren.

So haben sich in der letzten Dekade vor allem faltbare Linsen mit einer scharfen Optikkante etabliert, die durch ein Anpressen an das hintere Kapselblatt für eine mechanische Barriere sorgen und den Nachstar verlangsamen oder verhindern sollen. Gleichzeitig hat sich aber auch die Erwartung der Patienten dahingehend verlagert, dass nicht die Rehabilitation des Sehens alleine, sondern auch eine perfekte Sehqualität möglichst für alle Objektentfernungen und ohne zusätzliche Sehhilfen im Vordergrund steht.

Photopsien sind optische Phänomene, bei denen Lichterscheinungen auf der sensorischen Netzhaut zusätzlich zum primären Bild, das durch eine Abbildung durch die Hornhaut, Regenbogenhaut und Linse entsteht, auftreten. Diese Phänomene sind bevorzugt nach Kataraktoperation und Implantation einer Kunstlinse beobachtet und bereits vor mehr als 20 Jahren beschrieben worden. Sie können auftreten durch Mehrfachreflexion an der Linsenvorder- und Rückfläche, der Optikkante, oder auch durch einen direkten Lichtpfad durch die Regenbogenhaut am Optikrand der Linse vorbei.

Speziell in den vergangenen Jahren wurde nach erfolgreicher (komplikationsfreier) Kataraktoperation mit perfekter Positionierung der Kunstlinse im Auge vermehrt von Patienten berichtet, dass im weit peripheren Gesichtsfeld bei Lichteinwirkung von temporal Schatten auftreten, die bei Abblenden mit der Hand vergleichbar einer Scheuklappe spontan verschwinden. Dieser Effekt wird als negative Dysphotopsie bezeichnet und kann durch den Augenarzt oder Optiker nicht objektiviert werden. Bei der Diagnosestellung ist man letztlich auf die Beschreibung des Patienten angewiesen, der in der Regel bei punktförmiger Beleuchtung von weit temporal oder einer diffusen Ganzfeldbeleuchtung mit einer Halbfeldkugel über einen sichelförmigen oder auch streifenförmigen Schatten klagt.

Die Literatur berichtet sehr uneinheitlich über die Inzidenz derartiger Phänomene und die Ätiologie ist nicht eindeutig geklärt. Eine Reihe von Erklärungsversuchen wurde unternommen, um diese optische Störung zu erklären und verschiedene Lösungsansätze wurden diskutiert.

Vom physikalischen Standpunkt aus kann als wahrscheinlich angesehen werden, dass aufgrund von immer höheren Brechungsindizes bei Linsenmaterialien und damit immer dünneren Linsen, einer flachen polierten Optikkante mit scharfem Rand sowie einem damit immer größeren Abstand zwischen der Regenbogenhaut und dem Linsenimplantat

- ein direkter Lichtpfad ermöglicht wird, der am Rand der Linsenoptik vorbeiläuft und einen zusätzlichen Lichtfleck auf der peripheren Netzhaut induziert,
- Lichtstrahlen sich aufteilen und nach Durchlaufen der Linsenvorderfläche nicht vollständig durch die Linsenrückfläche austreten, sondern auch durch die polierte Optikkante,
- Licht, das durch die Vorderfläche der Linse eintritt, vom Optikrand intern re-

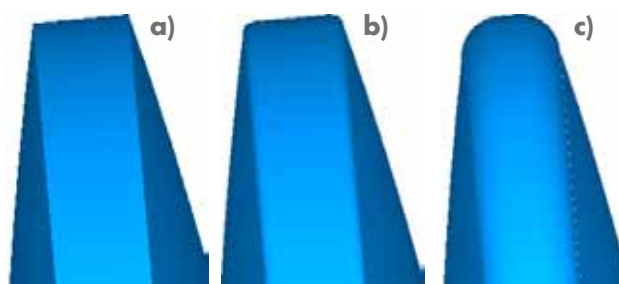


Abb. 2: Verwendete Kantenformen für die Kunstlinsen:  
 a) scharfe Kante („squared edge“),  
 b) abgerundete Kante mit 0,05 mm Radius und  
 c) runde Kante mit 0,15 mm Radius

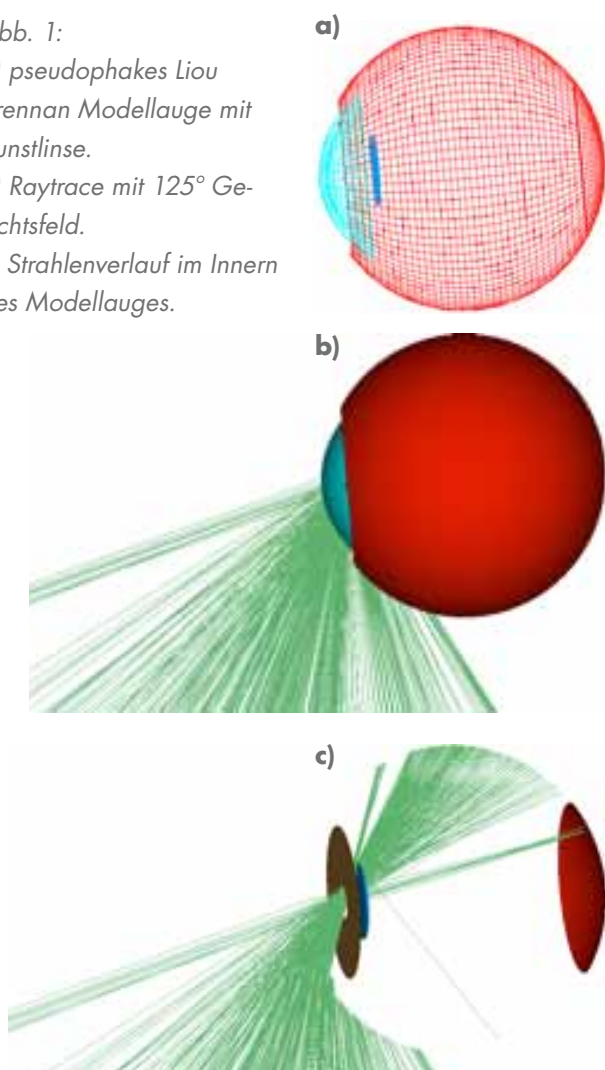
flektiert und auf einen zentralen oder mittelperipheren Bereich der Netzhaut (ggf. auch auf der temporalen Netzhaut) abgebildet wird.

Zu diesem Zweck wurden optische Simulationen mit einer Raytracing-Software ASAP durchgeführt, welche o. g. optische Phänomene nachbilden sollte. Basierend auf dem pseudophaken Liou-Brennan-Modellage (bei dem die natürliche Auglinse durch eine Kunstlinse ersetzt wurde, siehe Abb. 1) konnten diese optischen Phänomene weitgehend reproduziert werden. Drei unterschiedliche Optikkantendesigns wurden untersucht: eine scharfe Kante, die heute als Standard zur Prophylaxe des Nachstars eingesetzt wird, eine abgerundete Optikkante mit einem Kantenradius von 50  $\mu\text{m}$  sowie eine vollständig abgerundete Kante mit einem Kantenradius von 150  $\mu\text{m}$  und einer Randdicke der Optik von 300  $\mu\text{m}$  (Abb. 2). Weiter wurde der Effekt einer Fehlpositionierung der Linse im Auge sowie eine Veränderung des Brechungsindex von  $n=1,462$  (Standard für Acryl) auf  $n=1,55$  (hochbrechende Materialien) untersucht. Auch der Effekt der Pupillenweite wurde einbezogen.

So weisen die Simulationen (Abb. 3) nach, dass der Effekt besonders ausgeprägt auftritt, wenn

- die Intraokularlinse perfekt im Auge zentriert ist (allerdings kann eine Dezentrierung nach temporal in Verbindung mit einem geringen Optikdurchmesser den

Abb. 1:  
 a) pseudophakes Liou Brennan Modellage mit Kunstlinse.  
 b) Raytrace mit  $125^\circ$  Gesichtsfeld.  
 c) Strahlenverlauf im Innern des Modellauges.



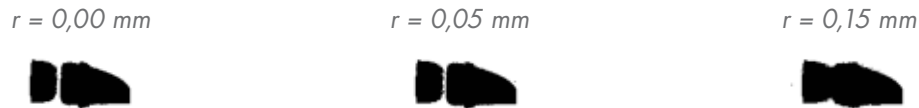


Abb.3 : Spotdiagramm zur Darstellung der Ausleuchtung der nasalen Netzhauthemisphäre. Simulation mit 2,5 mm Pupillendurchmesser und den 3 Kantenmodellen (a-c).

direkten Lichtpfad begünstigen)

- die Linse an der vorher abgeschätzten axialen Position sitzt,
- eine Intraokularlinse mit einem hohen Brechungsindex verwendet wird,
- eine scharfe Optikkante (sog. ‚squared edge‘) zur Nachstarprophylaxe vorliegt.

Eine medikamentöse Therapie dieser optischen Phänomene ist nicht beschrieben, aber in einer Vielzahl der Fälle bildet sich der unmittelbar postoperativ auftretende Effekt nach wenigen Wochen oder Monaten zurück oder verschwindet durch die Bildung einer sekundären Katarakt. Falls die Photopsien persistieren und der Patient sich sehr eingeschränkt fühlt, so können folgende operative Möglichkeiten angedacht werden:

- Austausch der Hinterkammerlinse durch eine andere Hinterkammerlinse z. B. mit niedrigem Brechungsindex (Silikon) oder abgerundeter Optikkante, durch eine sulkusfixierte oder irisgestützte Linse oder auch eine Masket-Linse (mit ‚reverse optic capture‘) oder Tassignon-Linse,
- Implantation einer zusätzlichen Linse vor die Hinterkammerlinse (Add-On oder Piggy-Bag Linse),
- Irisnaht-Fixation des gesamten Linsen-Kapselsack-Komplexes.

### Schlussfolgerung

Unter Photopsien oder photischen Effekten versteht man Lichterscheinungen, die sich in Reflexe bzw. Geisterbilder (positive Photopsie) und Schatten (negative Photopsie) einteilen lassen. Sie treten zuweilen nach Implantation einer Kunstlinse zur Behand-

lung des Grauen Stars auf, sind objektiv nicht nachweisbar oder messbar und verschwinden in vielen Fällen nach einiger Zeit von selbst. In wenigen Fällen jedoch sind diese Effekte persistierend. Die Ursachen photischer Effekte sind nicht vollständig geklärt. Klinische Beobachtungen weisen jedoch darauf hin, dass eine perfekte Positionierung, hochbrechende Materialien sowie scharfe Optikkanten die Erscheinung von Photopsien begünstigen. Aus diesen Gründen sind derartige Phänomene primär ein Problem der modernen Kataraktchirurgie. Durch optische Simulation können einige der in der Literatur beschriebenen Phänomene nachgebildet werden. Die Therapie von Photopsien ist bislang nur durch den Austausch der Kunstlinse, alternative Fixationstechniken bzw. Implantation einer zusätzlichen Kunstlinse möglich.

### Kurzlebenslauf

Achim Langenbacher (47 Jahre) studierte in Erlangen Elektrotechnik an der Friedrich-Alexander-Universität. Nach dem Studium arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Univ.-Augenklinik in Erlangen und entwickelte und optimierte eine Reihe optischer basierter diagnostischer und therapeutischer Verfahren für ophthalmologische Anwendungen. Er promovierte 1995 mit der Dissertationsschrift ‚Automatisches Strahlführungssystem für den 193 nm Excimerlaser MEL60‘ und habilitierte sich 2000 zum Thema ‚Analyse der Hornhauttopographie mit mathematischen Modellen‘. 2005 wurde er als Extraordinarius an das Institut für Medizinische Physik (IMP) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen berufen und gründete dort den Bereich ‚Medizinische Optik‘. 2009 wurde er an die Universität des Saarlandes als Ordinarius für Experimentelle Ophthalmologie berufen und arbeitet dort mit seinem Team interdisziplinär im Bereich neuer diagnostischer und therapeutischer Verfahren für die Augenheilkunde.

# RICHTIG REFRAKTIONIERT? – REFRAKTIONS-GENAUIGKEIT AUF DEM PRÜFSTAND

*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](#)

# HIGHTECH IM AUGE – AKKOMMODIERENDES INTRAOKULARLINSENSYSTEM

Prof. Dr. rer. nat. Oliver Stachs, Universitäts-Augenklinik Rostock

Die Lebenserwartung der Menschen in den industrialisierten Ländern nimmt dank der rasanten Fortschritte auf dem Gebiet der Medizin ständig zu. Mit zunehmendem Alter treten immer öfter altersbedingte Einschränkungen wie Presbyopie und Katarakt in den Vordergrund und beeinflussen die Lebensqualität. In Deutschland leiden etwa 90 Prozent aller Menschen zwischen 65 und 75 Jahren an einer Katarakt. Abhilfe wird dabei durch die etwa 700 000-mal pro Jahr in Deutschland durchgeführte Kataraktoperation geschaffen. Dabei geht, genau wie bei der Alterssichtigkeit, die Akkommodationsfähigkeit verloren, denn sowohl bei einer Brille als auch bei einer konventionellen Intraokularlinse (IOL) handelt es sich um einen starren Körper. Presbyopie und Katarakt führen somit zum Verlust der Akkommodationsfähigkeit.

Aufgrund der großen Bedeutung der Akkommodationsfähigkeit für den Menschen wurde neben verschiedenen hornhautbasierten Verfahren in den vergangenen Jahren eine Reihe von implantierbaren Linsensystemen bzw. Verfahren zur Presbyopiekorrektur entwickelt, die sich grob in vier Gruppen einteilen lassen:

1. Intraokularlinsen (akkommodierend, multifokal) [1],
2. Femtosekunden-Laser-Therapie [2],
3. Lens refilling [3],
4. Mechatronische Systeme [4].

Zu den mechatronischen Systemen zählt das Künstliche Akkommodationssystem, das seit 2004 im Rahmen der Programmorientierten Forschung der Helmholtz-Gemeinschaft am Institut für Angewandte Informatik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) in enger Zusammenarbeit mit der Augenklinik der Universität Rostock und mit Unterstützung des BMBF (Verbundprojekte KueAkk und Optimi2) entwickelt wurde. In [6] wurden die bis 2010 erhaltenen Ergebnisse dargestellt. In dieser Arbeit werden nun die in den letzten vier Jahren erzielten Fortschritte näher beschrieben.

Das Konzept des Künstlichen Akkommodationssystems basiert darauf, alle für die Wiederherstellung der Akkommodation benötigten Teilsysteme in Form eines intelligenten Implantats in den Kapselsack zu integrieren. Ein Computermodell des Implantats ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

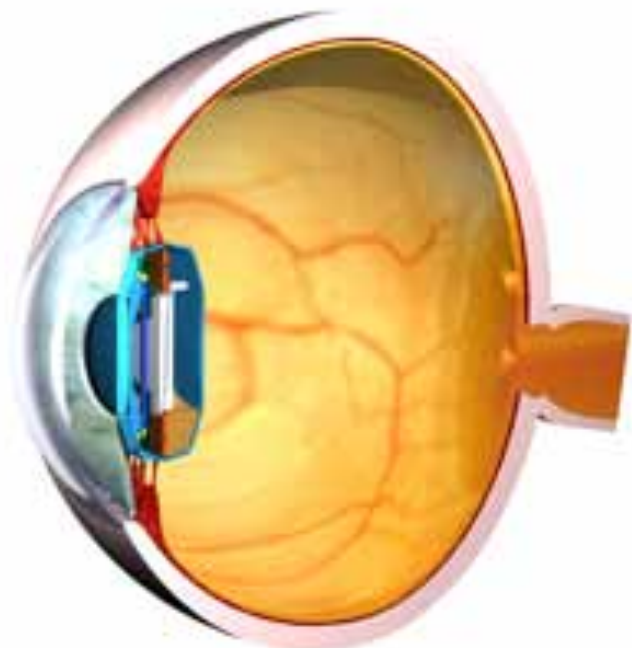


Abb. 1: Vision des Künstlichen Akkommodationssystems an seinem späteren Implantationsort

Die wichtigsten medizinischen und technischen Anforderungen an das Künstliche Akkommodationssystem sind in [5] zusammengestellt. Sie stellen große technologische Herausforderungen an die Entwicklung eines neuen hochintegrierten Implantates dar.

Als Vorbild für das Künstliche Akkommodationssystem dient das menschliche Akkommodationssystem. Ausgehend von diesem ist in Abbildung 2 das neue technische Gesamtsystem veranschaulicht. Es besteht aus den folgenden Komponenten:

- Aktive Optik zur dynamischen Anpassung der Brechkraft
- Sensorsystem
- Steuerungs-/Regelungssystem
- Kommunikationssystem
- Energiemanagementsystem
- Systemintegrationskomponenten.

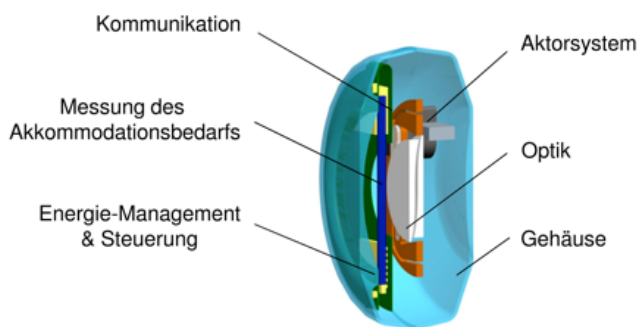


Abb. 2: Computergraphik zur Visualisierung der Teilsysteme des Künstlichen Akkommodationssystems.

Im Rahmes des Vortrages werden die erhaltenen Fortschritte bei der Umsetzung der einzelnen Teilsysteme des Künstlichen Akkommodationssystems detailliert erörtert. Dabei handelt es sich um:

- die Aktorsysteme zur dynamischen Anpassung der Brechkraft des Linsensystems,
- die Nutzung des Pupillennahreflexes für die Ermittlung des Akkommodationsbedarfs,
- das Kommunikationssystem,
- die Energiemanagementeinheit und
- die Beiträge zur Systemintegration.

Das optische System, bestehend aus einer Triple-Optik bzw. einer ALVAREZ-Optik, sowie die Vergenzwinkelsensorik erfüllen bereits die Anforderungen des Künstlichen Akkommodationssystems und entsprechen dem in [5] beschriebenen Stand. Das Steuerungssystem wird entsprechend der Anforderungen der vorgestellten neuen Komponenten kontinuierlich angepasst.

Im Rahmen der Entwicklung des Künstlichen Akkommodationssystems konnten maßgebliche Fortschritte auf dem Gebieten der aktiven Optiken, der Pupillennahreflexsensorik, der Kommunikation, der Energieversorgung sowie der Systemintegration erreicht werden. Dabei wurden u. a. die Aktorik für die ALVAREZ-Optik sowie die Triple-Optik entworfen, gefertigt, aufgebaut und erfolgreich getestet. Im Rahmen der Weiterentwicklung der Sensorik konnten neue, innovative Algorithmen entwickelt werden, die eine intuitive Steuerung der Brechkraft, trotz starker Fluktuationen des Pupillendurchmessers, zulassen. Durch die Entwicklung miniaturisierter Antennen konnte das Kommunikationssystem soweit verkleinert werden, dass es in das Künstliche Akkommodationssystem integrierbar wird. Hierbei wurden neben der technischen Machbarkeit die biologische Gewebeerträglichkeit nachgewiesen sowie Konzepte entwickelt, die stets eine sichere Kommunikation ermöglichen. Der Energieverbrauch des Gesamtsystems konnte durch Einführung eines neuen, bedarfsgerechten Energiemanagements erheblich gesenkt werden, was unmittelbar in einer erhöhten autarken Betriebszeit des Implantats resultiert.

Auf dem Weg zu einer optimalen Implantationstechnik konnten im Rahmen der Systemintegration erfolgreich Testimplantationen durchgeführt werden. Diese zeigen, dass mit einer Anpassung auf eine linsenähnliche Form durch Abschrägungen und mit Hilfe zusätzlicher J-Haptiken eine dauerhafte sichere Fixierung des Implantats im Kapselsack möglich ist.

Zum jetzigen Zeitpunkt liegen für alle Teilsysteme des intelligenten Künstlichen Akkommodationssystems optimierte Lösungen vor. Aktuelles Ziel des Projekts ist die Integration aller Teilsysteme in ein Gesamtsystem. Dabei stellen der begrenzte Bauraum sowie die begrenzten Energieressourcen im Implantat zentrale Herausforderungen bei der Weiterentwicklung dar. Ende 2014 wird ein erstes, miniaturisiertes Funktionsmuster im Maßstab 2:1 vorliegen, welches die gesamte Funktionalität des angestrebten Implantats enthält. Um die zur Zeit für Intraokularlinsen etablierte Operationstechnik auch beim Künstlichen Akkommodationssystem anwenden zu können, werden seit zwei Jahren Untersuchungen angestellt, wie eine Faltbarkeit des Systems umgesetzt werden kann. Außerdem werden die Ergebnisse des Projekts dazu genutzt, zukünftig eine akkommodierende Kontaktlinse zu entwickeln.

[1] Glasser A. Surgical Restoration of Accommodation: Fact or Fiction. Nova Acta Leopoldina, WF Bd 111, Nr. 379, 107-114 (2010)

[2] Heisterkamp A., u. a. Ultrashort laser pulses and laser microscopy in presbyopia therapy. Nova Acta Leopoldina, NF Bd. 111, Nr. 379, 161-166 (2010)

[3] Terwee T. Lens-refilling - state of the art. Nova Acta Leopoldina NF Bd. 111, Nr. 379, 153-160 (2010)

[4] Gengenbach U., Bretthauer G., Guthoff R. Künstliches Akkommodationssystem auf der Basis von Mikro- und Nanotechnologie. In: Zengerle R. (Ed.) Mikrosystemtechnik Kongress 2005, 411-414, Berlin, Offenbach, VDE Verlag 2005

[5] Bretthauer G., Gengenbach U., Stachs O., Guthoff R.: Ein neues mechatronisches System zur Wiederherstellung der Akkommodationsfähigkeit des menschlichen Auges. Klein. Monatsbl. Augenheilkd. 2010; 227; 935-939



## SEHEN 3.0 – WAS WERDEN DIGITALE SEH-SYSTEME FÜR DIE AUGENOPTIK BEDEUTEN?

Jörg Spangemacher, Staatl. gepr. Augenoptiker, Publizist

**Sehen 1.0 definiere ich als freies Sehen ohne Korrektionsmittel. Sehen 2.0 ist das Sehen mit Korrektionsmitteln. Sehen 3.0 bezeichnet digitales, virtuelles Sehen und Sehen mit erweiterten Inhalten.**

Dahinter verbergen sich Begriffe wie Augmented Reality (AR, erweiterte Realität) und Virtual Reality (VR, virtuelle Realität). Für diese abstrakten Begriffe gibt es als bekannteste Realität die Google Glass und der Zeiss Cinemizer.

Bei beiden Begriffen handelt es sich um zusätzliche Informationen, die uns mittels tragbarer Computer unmittelbar ins Gesichtsfeld projiziert werden. Eine Technik, die vor kaum 10 Jahren startete und längst aus den Kinderschuhen gewachsen ist. In vielen Bereichen der Industrie, des Marketings, des Militärs und der Wartung sind tragbare Computer heute normal.



Mit einem solchen tragbaren Computer scannt die Brille automatisch jedes Gesicht und bekommt über Satellit alle Informationen über diese Personen und das gesamte Umfeld. Gleichzeitig kann eine Leitstelle mit-schauen und direkte Anweisungen geben. Über GPS weiß die Leitstelle, wo exakt sich diese Soldatin befindet und wird mittels Drohnen vor möglichen Gefahren gewarnt, die in irgendeinem Versteck lauern.



Die Google Glass ist das vielleicht bekannteste Beispiel für Augmented Reality, das mit viel Tamtam und PR in die Welt gedrückt wird. Es gibt aber eine Vielzahl weiterer Modelle, hinter der nicht die PR-Macht von Google steht. Diese Brillen sind in Entwicklerteams längst im Einsatz.

Die Freaks und Nerds aber, die an diesen neuen Technologien arbeiten, gehen ausschließlich von rechtsichtigen Trägern aus. Fehlsichtige, gar Myope, haben diese Menschen nicht auf dem Schirm. Das mag für die Laborumgebung an den Forschungsinstituten ok sein. Das reale Leben aber sieht anders aus, wie wir selbst aus der täglichen Arbeit wissen.

Denn die Informationen werden ins optisch Unendliche projiziert. Was also wird ein Myoper mit -2,0 dpt sehen, wenn er einen solchen tragbaren Computer aufsetzt?

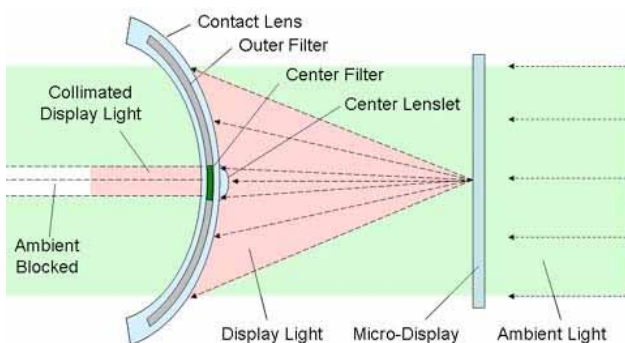
Manche dieser Devices sehen vor, benötigte Korrekturwerte einstellen zu können. Das ist aber eine sehr wacklige und ungenaue Einstellmöglichkeit. Astigmatismus oder gar PD werden völlig außen vor gelassen. Und inzwischen gibt es erste Modelle, in die man Klipse mit Korrektionsgläsern einstecken kann. Was aber ist mit Mehrstärken- oder Gleitsichtgläsern



Es gibt auch schon Lösungen für Sehbehinderte. Als Beispiel wird in einem Film eine junge Frau gezeigt, die mit einem Kolobom geboren wurde und damit praktisch blind ist. Ein Start-Up in Israel hat einen tragbaren Computer entwickelt, der diese junge Frau führt und ihr Texte vorliest. Sie kann jetzt ein selbstbestimmtes Leben führen.

Das Unternehmen ist erst Mitte 2013 auf dem Markt erschienen und wird seither mit Bestellungen aus den USA regelrecht erschlagen. Mails werden erst nach Wochen beantwortet mit dem Hinweis, man werde sich demnächst melden, wisse nur nicht wann. Geduld ist gefragt.

Es wird bis auf weiteres keine deutsche Version geben. Die Grammatik mit all ihren Konjugationen und Deklinationen ist zu kompliziert.



Jerry Legerton, ein Augenarzt, hat ein Kombisystem bestehend aus Kontaktlinse und tragbarem Computer entwickelt. Vorausgesetzt, die Linse bietet Vollkorrektur, kann der Träger die zusätzlichen Informationen im optisch Unendlichen scharf sehen. Der Hersteller schreibt (Zitat):

„Diese Technologie erlaubt es dem Träger gleichzeitig auf Dinge in der Nähe zu fokussieren wie auch in der Ferne scharf zu sehen. Das ist eine Alternative zu den traditionellen nah am Auge befindlichen Displays, die eine Illusion bieten, ein Objekt in der Ferne zu sehen, gleichzeitig aber das normale Sehen behindern.

Licht wird vom Display durch das Zentrum der Pupille geschickt, sodass es mit der normalen Optik des Auges auf der Retina abgebildet wird. Gleichzeitig fällt Licht der normalen Umgebung des Auges ebenfalls auf die Retina. Beide Bilder werden verschmolzen und kreieren so ein neues Bild – Augmented Reality.

Es wird ein Ausblick gegeben auf zukünftige Entwicklungen, die die Augenoptik direkt betreffen.

Vier kurze Videos zeigen den praktischen Einsatz solcher Devices.

Alle Bilder stammen aus öffentlich zugänglichen Pressemappen