

Entwicklung eines Messverfahrens zur Bestimmung von Dysphotopsieeffekten am menschlichen Auge

Vincent Pohlan, Florian Worsch, Prof. Dipl.-Ing. Christoph von Handorff, Prof. Dr. Stephan Reiß



Zielsetzung

Das Ziel dieser Studie war es, ein Messverfahren zu entwickeln, welches subjektiv wahrgenommene positive Dysphotopsieeffekte unter realitätsnahen Bedingungen vermessen und quantifizieren kann. Nach der Entwicklung wurde der Messaufbau in Hinblick auf seine Präzision und Funktionalität in verschiedenen Testreihen geprüft.

Grundlagen

Bei positiven Dysphotopsieeffekten handelt es sich um Blendlichtphänomene, welche bei Betroffenen die visuelle Wahrnehmung beeinträchtigen können [1]. Positive Dysphotopsieeffekte treten sowohl am gesunden als auch am kranken Auge auf. Beispielsweise werden solche Effekte durch Trübungen der Optischen Medien des Auges (z.B. Katarakt) erheblich verstärkt. Auch Optische Korrektionsmittel (z.B. Kontaktlinsen, Brillengläser und Intraokularlinsen) können zu einer Zunahme der Blendungsphänomene führen.

Grundsätzlich kann man positive Dysphotopsieeffekte in drei verschiedene Ausprägungsformen unterscheiden:

Glare sind annähernd rund auftretende Lichteffekte. Sie werden als Phänomen direkt im Zentrum um eine Blendlichtquelle wahrgenommen und weisen eine besonders hohe Lichtintensität auf [2].

Halos werden als leuchtende Ringe um Blendlichtquellen beschrieben. Dabei können mehrere aufeinanderfolgende Ringe entstehen [2].

Starbursts bezeichnen strahlenförmige Linien, welche sich vom Zentrum einer Lichtquelle radiär in die Peripherie ausbreiten [3].



1 = Glare 2 = Halo 3 = Starburst

Quellen

- [1] Hu, J., Sella, R. and Afshari, N.A. (2018) 'Dysphotopsia: a multifaceted optic phenomenon', *Current Opinion in Ophthalmology*, 29(1), pp. 61–68.
- [2] Chang, D. (2016) *Night Vision and Presbyopia-Correcting IOLs*, *MillennialEYE*.
- [3] Xu, R. et al. (2019) 'Psychophysical study of the optical origin of starbursts', *Journal of the Optical Society of America. A, Optics, Image Science, and Vision*, 36(4), pp. B97–B102.

Methode

Die Messmethodik soll eine Blendungssituation simulieren, die dem nächtlichen Autofahren ähnelt. Während des Autofahrens sind Objekte mit niedriger Leuchtdichte in unmittelbarer Nähe von entgegenkommenden Autoscheinwerfern nicht sichtbar, wodurch ein erhöhtes Unfallrisiko besteht. Bei ausgeprägten positiven Dysphotopsieeffekten verstärkt sich dieses Risiko. Der Bereich, der durch Blendung die Wahrnehmung von Objekten mit niedriger Leuchtdichte für das menschliche Auge verhindert, wird Lichtdominanzbereich genannt. Ziel war es diesen Bereich in seiner Form und Größe quantifizieren zu können.



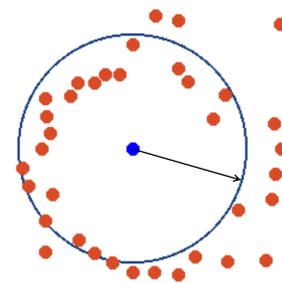
Darstellung des Messaufbaus.

Links: Plasmabildschirm mit zentraler Blendlichtquelle. **Rechts:** Tisch mit höhenverstellbarer Kinnstütze; Laptop mit Maus zur Steuerung des Python-Programms

Mittig auf einem Plasmabildschirm, befindet sich als Blendlichtquelle eine LED ($\varnothing = 2 \text{ mm}$, montiert auf einem Kühlkörper $\varnothing = 5 \text{ cm}$). Der Proband befindet sich in 3 m Entfernung und fixiert die Blendlichtquelle, während ein weißer Testkreis sich in 36 zufällig generierte Richtungen vom Zentrum des Bildschirms in die Peripherie bewegt. Sobald der Testkreis den Lichtdominanzbereich verlässt und somit für den Probanden wahrnehmbar wird, löst dieser per Mausklick die Speicherung der zugehörigen Koordinaten aus. Aus den Abständen der 36 Einzelmesspunkte wird der Durchschnittswert errechnet, welcher den Radius des Lichtdominanzbereichs definiert. Die Steuerung des Messablaufs und die Datenerfassung erfolgt mithilfe eines selbst entwickelten Python-Programms.



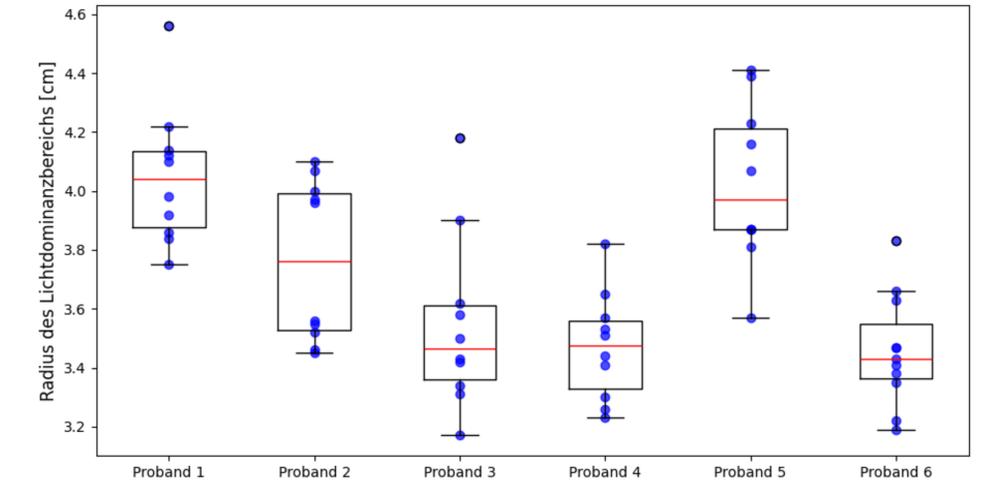
Eingeschaltete Blendlichtquelle; Weißer Testkreis tritt gerade aus dem Lichtdominanzbereich aus.



Darstellung eines Auswertungsbogens mit 36 Einzelmesspunkten in Rot dargestellt; Blauer Kreis errechnet sich mit dem Mittelwert als Radius

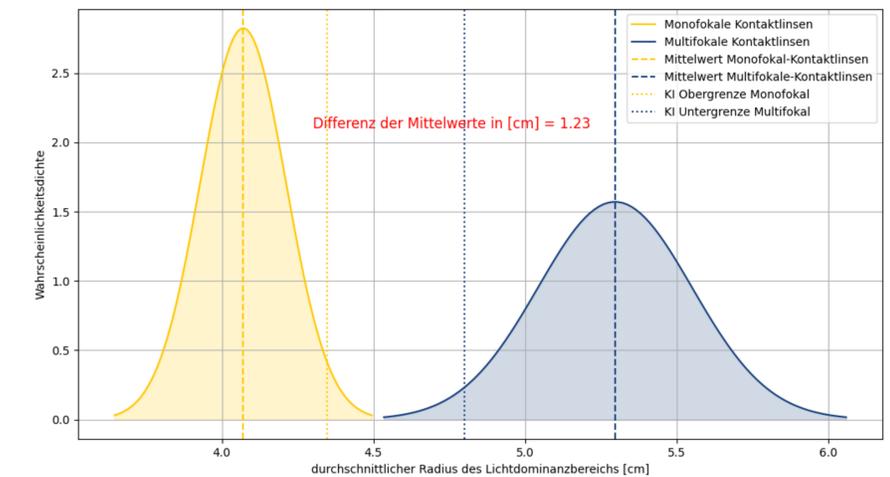
Validierung

Um die Präzision des Messverfahrens zu überprüfen, wurden 10 Wiederholmessungen an 6 Probanden durchgeführt. Mithilfe einer ANOVA ergab sich eine erweiterte Messunsicherheit (1,96 SD) von $\pm 0.494 \text{ cm}$. Eine Regressionsanalyse zeigte im Verlauf der Wiederholmessung einen geringen Lerneffekt (14,5% der Gesamtvarianz).



Radien der Lichtdominanzbereiche der einzelnen Probanden als Boxplot dargestellt. Blaue Punkte: Mittelwerte der Radien aus den 36 Einzelmesspunkten pro Messdurchgang

Zur Validierung des Messverfahrens wurde an 18 Probanden eine randomisierte Vergleichsmessreihe mit zwei unterschiedlichen Kontaktlinsentypen (Typ 1 = monofokale KL; Typ 2 = multifokale KL) durchgeführt. Der t-Test für verbundene Stichproben zeigte hoch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ($p\text{-Wert} < 0,001$). Die Radienunterschiede für die Lichtdominanzbereiche zwischen den Kontaktlinsentypen sind mit 1,23 cm deutlich größer als die erweiterte Messunsicherheit des Verfahrens.



Glockenkurven für die Verteilung der Messwerte (Radien) für die beiden Kontaktlinsentypen

Fazit

Das entwickelte Messverfahren ist in der Lage, positive Dysphotopsieeffekte in Form und Größe zu quantifizieren. Zukünftige Anwendungen werden auf dem Gebiet der prä- und postoperativen Versorgung bei Kataraktoperationen, sowie bei der Bewertung von optischen Korrektionsmitteln, gesehen.

