Ernst-Abbe-Hochschule Jena
University of Applied Sciences
Fachgebiet Optometrie
Augenoptik · Ophthalmotechnologie · Vision Science

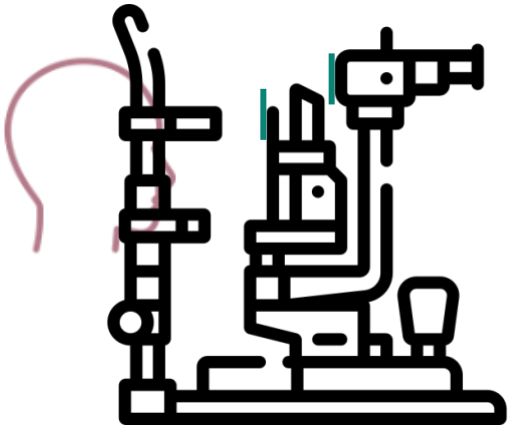
SICHT.KONTAKTE 2026

VDCO

Julia Häuslmeier, M.Sc. Optometrie/Ophthalmotechnologie/Vision Science
E-Mail: julia-haeuslmeier@t-online.de
30.09.2026

Handout: Experimentelle Studie zur Verwendung von Polarisationsfiltern bei der Spaltlampenuntersuchung.

Nutzen und Effekte hinsichtlich der Beurteilung von Tränenfilm und Hornhaut



Bildquellen
https://www.flaticon.com/de/kostenlose-icons/kopf" title="kopf Icons">Kopf Icons erstellt von heisenberg_jr – Flaticon (aufgerufen am 24.02.2026, 16:36)
https://www.flaticon.com/de/kostenloses-icon/spaltlampe_4937046?term=spaltlampe&related_id=4937046 (aufgerufen am 24.02.2026, 16:30)

1 Motivation

- breite Anwendung von Polarisation zur Reduktion von Reflexen
- Studien zeigten Verbesserungen in der Funduskopie und bei der Betrachtung feiner Strukturen an Augenlidern
- Ist bei der Augenuntersuchung an der Spaltlampe eine optimierte Betrachtung mit Polarisationsfiltern möglich?

2 Grundlagen

Polarisationsmikroskope

- Verwendung in Biologie und Medizin, u.a. zur Erzeugung von Kontrasten doppelbrechender Strukturen
- Nutzung in der Geologie zur Analyse von Gesteinen und Mineralien
- Je nach Art des Objektes entstehen typische Interferenzmuster
- Beispiel einachsiger Kristall: schwarzes Balkenkreuz (Isogyre) und farbige Streifen (Isochromaten)

Polarisation am Auge

- Hornhaut vermutlich wegen lamellarer Anordnung der Kollagenfibrillen im Stroma doppelbrechend → dadurch ähnliches Erscheinungsbild wie bei einem einachsigen Kristall
- mögliche weitere Einflussfaktoren auf die Doppelbrechung der Hornhaut:
    - Augeninnendruck
    - Krümmungseffekt durch schiefen Lichteinfall
    - mechanischer Stress

3 Aufbau der Studie

- experimentelle, prospektive, nicht-interventionelle Querschnittsstudie
- 29 Probanden (7 männlich, 22 weiblich)
- Durchschnittsalter: 27,8 ± 6,8 Jahre
- 10 von 58 Hornhäute mit chirurgischen, traumatischen oder pathologischen Hornhautveränderungen
- Polarisationsfilter werden vor Beleuchtung und Beobachtung positioniert
- Bestimmung der letzten erkannten Interferenzfarbe mit einer Michel-Lévy-Farbtafel

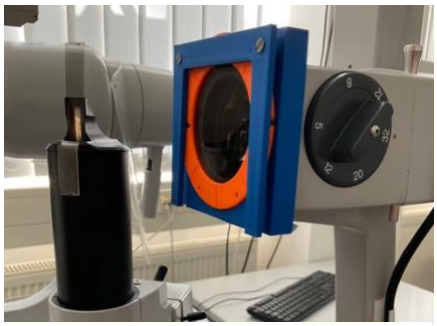


Abb. 1: Seitenaufnahme der verwendeten Spaltlampe mit Adaptern vor der Beobachtungseinheit und Polarisationsfilterzuschnitt vor der Beleuchtungseinheit, eigene Aufnahme

- Einteilung der Isochromaten in vier Quadranten in Anlehnung an Polarisationsmikroskopie
- Durchführung
    - Probandenaufklärung & Anamnese
    - Topographie
    - Messreihe 1 ohne Polarisationsfilter
    - Messreihe 2 mit gekreuzten linearen Polarisationsfiltern
    - Messreihe 3 mit gekreuzten zirkularen Polarisationfilten und Polarisationsfilter manuell vor dem Auge positioniert

4 Ergebnisse

- Erkennen von Narben nach Kataraktoperation und im Stroma, einer veränderten stromalen Struktur bei Keratokonus, des Endothels und der Stromastruktur
- Keine verbesserte/andere Erkennbarkeit von Probanden mit Ortho-K-Linsen, weichen Kontaktlinsen oder epithelialer Basalmembrandystrophie
- Keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Formen der Isogyren und den Hornhautparametern (Hornhautradien, Achsen der Hornhautradien, Exzentrizität, Anzahl der erkannten Isochromaten) ($p > 0,05$)
- Statistisch signifikante Unterschiede in der Hornhautradiendifferenz zwischen den Formen „Raute“ und „nasal spitz“ und ($p = 0,020$)
- Statistisch signifikante Unterschiede in der Anzahl der erkannten Isochromaten in Quadrant II zwischen den Formen „Raute“ und „nasal spitz“ ($p = 0,014$) bzw. zwischen den Formen „Raute“ und „superior offen“ ($p =0,007$)
- Anzahl der erkannten Isochromaten temporal (Quadrant II & III) > nasal (Quadrant I & IV) ($p < 0,05$)

5 Diskussion

Chirurgische, traumatische oder pathologische Hornhautveränderungen

- Form der Isogyren und Isochromaten, Anzahl der Isochromaten vergleichbar mit unauffälligen Hornhäuten → Hornhautveränderungen haben keinen Einfluss
- Narbe nach Katarakt-OP: Änderung Reihenfolge der Isochromaten durch Spannungsänderung in der Hornhaut
- Narben
    - bei maximaler Spaltbreite & frontaler Beleuchtung erkennbar
    - wahrnehmbare Dreidimensionalität der Narbe

  → schnellere Erkennbarkeit durch den Untersucher

- Keratokonus
    - Singh et al. und Raoux et al. zeigten Verlust strukturierten Anordnung der Kollagenfibrillen bei Keratokonus
    - konnte in dieser Arbeit bestätigt werden, aber Einfluss Crosslinking unbekannt

Form der Isochromaten

- Form der Isochromaten ist nicht abhängig von untersuchten Hornhautparametern
- mögliche Einflussfaktoren auf die Form der Isochromaten: Abstand zwischen Augenmuskeln und Limbus oder Kraft der Augenmuskeln in Primärstellung
- Zuordnung der Isochromatenformen subjektive Methode
  → eingeschränkte Reliabilität

Anzahl der Isochromaten

- Anzahl der Isochromaten ist nicht abhängig von untersuchten Hornhautparametern
- Hornhaut ist nasal dicker als temporal
- Vermutungen für die Ursache der unterschiedlichen Anzahl an Isochromaten:
    - einzelne Hornhautschicht (evtl. Bowman-Membran)
    - Einfallswinkel Licht auf Hornhaut
    - Bestimmung der Anzahl der Isochromaten mit Michel-Lévy-Farbtafel
    - subjektive Methode → eingeschränkte Reliabilität
    - Einfluss von Irisfarbe, Weißabgleich und Farbtemperatur der Beleuchtung

6 Fazit

- bessere Erkennbarkeit von Narben in der Hornhaut und der Struktur des Endothels mit Polarisationsfiltern
- kein praktischer Nutzen aus der Anzahl der erkannten Isochromaten, der Form der Isogyren und Isochromaten
- Polarisationsfilter für (unerfahrenen) Untersucher als Unterstützung hilfreich
- Empfehlung zur Verwendung von manuellem zirkularem Polarisationsfilter

7 Literatur

[1]	Gerlach, D.: Das Lichtmikroskop : eine Einführung in Funktion und Anwendung in Biologie und Medizin ; 6 Tabellen, Flexibles Taschenbuch. 2., überarb. Aufl. Stuttgart u.a. : Thieme, 1985
[2]	Haus, J.: Optische Mikroskopie : Funktionsweise und Kontrastierverfahren. Weinheim : Wiley-VCH, 2014 — ISBN 3-527-41127-5
[3]	Beyer, H. ; Riesenberg, H. (Hrsg.): Handbuch der Mikroskopie. 3., stark bearb. Aufl. Berlin : Verl. Technik, 1988
[4]	Gururani, H. ; Chittajallu, S. N. S. H. ; Ramji, M. ; Basu, S. ; Chinthapenta, V.: An In-Vitro Investigation on the Birefringence of the Human Cornea Using Digital Photoelasticity. In: Experimental Mechanics Bd. 63 (2023), Nr. 2, S. 205–219
[5]	Bour, Lo J: Polarized light and the eye. In: Visual Optics and Instrumentation Bd. 1, CRC Press Boca Raton, Fla. (1991), S. 310–325
[6]	Gururani, H. ; Richhariya, A. ; M., R. ; Chinthapenta, V.: Implications of the structure-property relationship on the optomechanical characterization of the cornea: A review. In: Optik Bd. 232 (2021), S. 166529
[7]	Carl Zeiss Microscopy: Michel Lévy Color Chart - Identification of minerals in polarized light.
[8]	Pichler, H. ; Schmitt-Riegraf, C.: Gesteinsbildende Minerale im Dünnschliff : 22 Tab. Stuttgart : Enke, 1987
[9]	Singh, R. B. ; Koh, S. ; Sharma, N. ; Woreta, F. A. ; Hafezi, F. ; Dua, H. S. ; Jhanji, V.: Keratoconus. In: Nature Reviews Disease Primers Bd. 10 (2024), Nr. 1, S. 81
[10]	Raoux, C. ; Schmeltz, M. ; Bied, M. ; Alnawaiseh, M. ; Hansen, U. ; Latour, G. ; Schanne-Klein, M.: Quantitative structural imaging of keratoconic corneas using polarization-resolved SHG microscopy. In: Biomedical Optics Express Bd. 12, Optica Publishing Group (2021), Nr. 7, S. 4163–4178
[11]	Pihlblad, M. S. ; Erenler, F. ; Sharma, A. ; Manchandia, A. ; Reynolds, J. D.: Anterior Segment Optical Coherence Tomography of the Horizontal and Vertical Extraocular Muscles With Measurement of the Insertion to Limbus Distance. In: Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus Bd. 53, SLACK Incorporated (2016), Nr. 3, S. 141–145
[12]	Shumway, C. L. ; Motlagh, M. ; Launico, M. V. ; Wade, M.: Anatomy, Head and Neck: Eye Medial Rectus Muscles. In: StatPearls. Treasure Island (FL) : StatPearls Publishing, 2025
[13]	Stärk, N. ; Kuck, H.: Über den Abstand der Muskelansätze vom Limbus corneae. In: Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde Bd. 189, © 1986 F. Enke Verlag Stuttgart (1986), Nr. 8, S. 148–153
[14]	Wright, K. W. ; Farzavandi, Sonal: Color Atlas of Strabismus Surgery: Strategies and Techniques, SpringerLink Bücher. 3. Aufl. New York, NY : Springer New York, 2007
[15]	Haładaj, R.: Normal Anatomy and Anomalies of the Rectus Extraocular Muscles in Human: A Review of the Recent Data and Findings. In: BioMed Research International Bd. 2019 (2019), Nr. 1, S. 8909162
[16]	Schünke, M. ; Schulte, E. ; Schumacher, U. ; Voll, M. ; Wesker, K.: Prometheus LernAtlas der Anatomie - Kopf, Hals und Neuroanatomie, PROMETHEUS LernAtlas der Anatomie. 6., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart New York : Georg Thieme Verlag, 2022
[17]	Gao, Z. ; Guo, H. ; Chen, W.: Initial tension of the human extraocular muscles in the primary eye position. In: Journal of Theoretical Biology Bd. 353 (2014), S. 78–83
[18]	Jonuscheit, S. ; Doughty, M. J. ; Martin, R. ; Río-Cristóbal, A. ; Cruikshank, V. ; Lang, S.: Peripheral nasal-temporal corneal asymmetry in relation to corneal thickness: a Scheimpflug imaging study. In: Ophthalmic and Physiological Optics Bd. 35 (2015), Nr. 1, S. 45–51
[19]	Sanchis-Gimeno, J. A. ; Lleó-Pérez, A. ; Alonso, L. ; Rahhal, M. S. ; Martínez-Soriano, F.: Anatomic Study of the Corneal Thickness of Young Emmetropic Subjects. In: Cornea Bd. 23 (2004), Nr. 7, S. 669–673
[20]	Beer, F. ; Wartak, A. ; Pircher, N. ; Holzer, S. ; Lammer, J. ; Schmidinger, G. ; Baumann, B. ; Pircher, M. ; u. a.: Mapping of Corneal Layer Thicknesses With Polarization-Sensitive Optical Coherence Tomography Using a Conical Scan Pattern. In: Investigative Ophthalmology & Visual Science Bd. 59 (2018), Nr. 13, S. 5579–5588
[21]	Eleiwa, T. K. ; Elsawy, A. ; Syed, Z. A. ; Roongpoovapatr, V. ; Sayed, A. M. ; Yoo, S. H. ; Shousha, M.: In-vivo Three-dimensional Characteristics of Bowman's Layer and Endothelium/Descemet's Complex Using Corneal Microlayer Tomography in Healthy Subjects. In: Current Eye Research Bd. 45, Taylor & Francis (2020), Nr. 6, S. 659–667
[22]	PIRCHER N, BEER F, HOLZER S, GSCHLIEßER A, DONNER R, PIRCHER M, HITZENBERGER CK, SCHMIDINGER G, LAMMER J. Large Field of View Corneal Epithelium and Bowman's Layer Thickness Maps in Keratoconic and Healthy Eyes. Am J Ophthalmol. 2020 Jan;209:168-177.
[23]	Hecht, E.: Optik, De Gruyter Studium. 7., überarb. und erw. Aufl.., 7th revised and expa. Germany : De Gruyter, 2018