



Ein Plädoyer für die regelmäßige Untersuchung der Hornhaut

## Die Cornea – so durchschaubar

Eine erkrankte oder verletzte Cornea kann zu erheblichen Sehstörungen führen. Zusätzlich schützt die Hornhaut das Auge als physische Barriere vor Staub, Schmutz, Keimen und anderen Fremdkörpern. Eine veränderte (trockene, entzündete, getrübte) Cornea kann ein Hinweis auf systemische Erkrankungen oder andere Augenprobleme sein. Regelmäßige Untersuchungen können daher wichtige Hinweise auf den allgemeinen Gesundheitszustand des Auges und des ganzen Körpers geben. DOZ-Autor Michael Wyss möchte mit diesem Beitrag ein tieferes Verständnis für die Corneagesundheit und für diagnostische Verfahren fördern.



Die Untersuchung der Cornea während einer Refraktion ist von zentraler Bedeutung, weil sie etwa zwei Drittel der gesamten Brechkraft des Auges übernimmt und damit entscheidend zur Sehschärfe beiträgt. Eine klare und gleichmäßig gekrümmte Cornea ist also elementar für eine scharfe und klare Sicht. Sie besteht aus fünf Hauptschichten, jede mit einer spezifischen Funktion und Struktur. Diese Schichten (siehe auch Bild auf der Folgeseite) sorgen gemeinsam für die Transparenz, die Festigkeit und die Schutzfunktion der Cornea:

**Epithel:** Die äußerste Schicht der Cornea, das Epithel, dient als Schutzbarriere gegen Staub, Mikroorganismen und andere Fremdstoffe. Sie ist auch verantwortlich für die schnelle Heilung kleinerer Verletzungen und ist entsprechend äußerst regenerationsfähig. Das Epithel ist etwa fünf bis sieben Zellschichten dick und enthält Mikrovilli, die die Oberfläche in Verbindung mit dem Tränenfilm glatt und feucht halten.

**Bowman-Membran:** Diese dünne, aber widerstandsfähige Schicht bietet zusätzlichen Schutz und Stabilität. Obwohl sie sehr robust ist, hat sie keine regenerativen Fähigkeiten. Die Bowman-Membran besteht aus dicht gepackten Kollagenfasern, die keine klar definierte Zellstruktur haben.

**Stroma:** Das Stroma macht etwa 90 Prozent der Dicke der Cornea aus und verleiht ihr strukturelle Integrität und Transparenz. Es spielt eine entscheidende Rolle bei der Lichtbrechung. Das Stroma besteht hauptsächlich aus Wasser (78 Prozent) und Kollagenfasern (16 Prozent). Die Kollagenfasern sind in einer sehr regelmäßigen Anordnung (Lamellen) angeordnet, was die Transparenz sicherstellt. Zwischen den Kollagenfasern befinden sich Keratozyten, das sind Zellen, die die Kollagenproduktion und -reparatur unterstützen.

**Descemet-Membran:** Diese Schicht ist die Basalmembran des Endothels und fungiert als Schutzschicht für das darunter liegende Endothel. Sie ist elastisch und regenerationsfähig. Die Descemet-Membran besteht aus einer dichten Anordnung von Kollagen und Glykoproteinen, die im Laufe des Lebens ständig dicker wird.

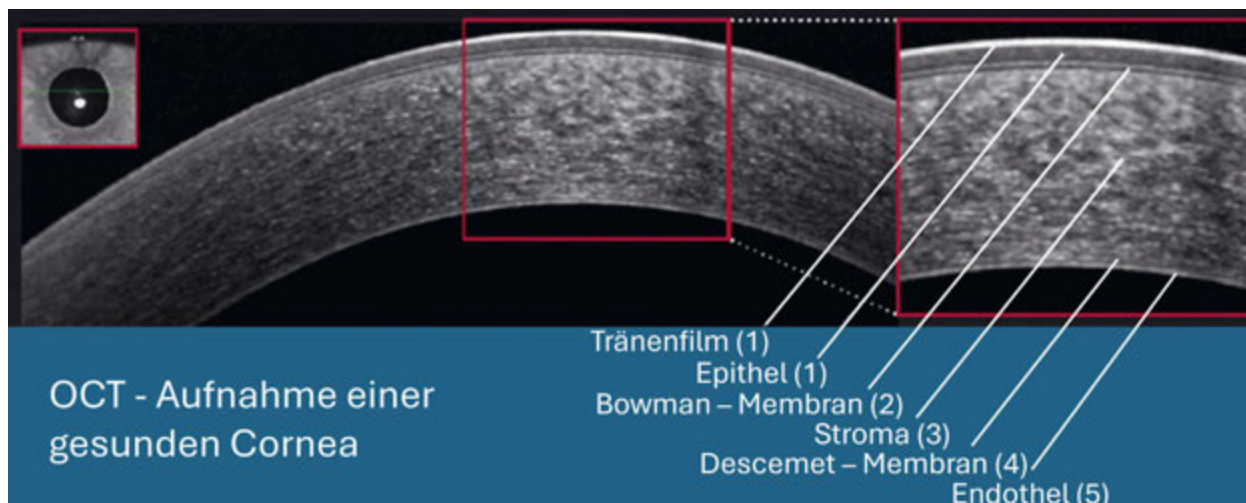
**Endothel:** Das Endothel ist die innerste Schicht der Cornea und spielt eine Schlüsselrolle bei der Aufrechterhaltung der Transparenz. Es reguliert den Wassergehalt im Stroma, indem es überschüssiges Wasser aktiv abpumpt, um eine Schwellung der Hornhaut zu verhindern. Das Endothel besteht aus einer einzelnen Zellschicht, die nicht regenerationsfähig ist. Für die Aufrechterhaltung der Pumpleistung des Endothels ist eine Zelldichte von mindestens 300 bis 800 Zellen pro Quadratmillimeter nötig, andernfalls kommt es zur Dekompression des Stromas und zur Eintrübung der Cornea. [1]

Zusammen bilden diese fünf Schichten eine komplexe, aber effiziente Struktur, die für klares Sehen und den Schutz des Auges unerlässlich ist.

## Bedeutung der Corneagesundheit

Warum ist nun die Untersuchung der Cornea während einer Refraktion von zentraler Bedeutung? Hier sind einige Gründe, warum die Untersuchung so wichtig ist.

Die Cornea ist die erste und stärkste lichtbrechende Struktur des Auges. Veränderungen in der Topografie der Cornea können zu Fehlsichtigkeiten wie Myopie, Hyperopie oder Astigmatismus führen. [2] Die genaue Bestimmung der Hornhautkrümmung ist daher unerlässlich, um eine präzise Brillenglas- und insbesondere Kontaktlinsenanpassung vorzunehmen.



Bestimmte Erkrankungen der Cornea, etwa Keratokonus oder andere Ektasien, können die Brechkraft der Cornea stark verändern und eine genaue Refraktionsbestimmung erschweren. Eine Untersuchung der Cornea kann eine solche Erkrankungen frühzeitig erkennen, was wichtig für die Wahl der richtigen Behandlungsmethode ist, und unnötige beziehungsweise nutzlose Brillenglasverordnungen vermeiden. [3]

Unebenheiten oder Unregelmäßigkeiten der Cornea-Oberfläche können die Messergebnisse bei der Refraktionsbestimmung verfälschen. Ein stabiler Tränenfilm ist ebenfalls wichtig für eine präzise Refraktionsmessung. Trockene Augen oder ein instabiler Tränenfilm können zu schwankenden Refraktionswerten führen und die subjektive Refraktion erschweren. [4] Mit der Spaltlampe kann der Sehexperte den Zustand des Tränenfilms beurteilen und eventuell notwendige Maßnahmen ergreifen. [5] Außerdem kann eine narbige oder durch eine Erkrankung geschädigte Cornea zu falschen Refraktionswerten führen. Eine Untersuchung der Cornea kann solche Probleme identifizieren und berücksichtigen.

Unzählige systemische Erkrankungen können sich an der Cornea manifestieren. Eine der häufigsten systemischen Erkrankungen, die diagnostiziert werden kann, ist der Diabetes mellitus. Bei Diabetikern kommt es häufig zu einer Verdickung der Cornea sowie einer verzögerten Heilung von Hornhautverletzungen. Eine weitere systemische Erkrankung, die sich in der Cornea manifestieren kann, ist die Wilson-Krankheit, eine genetische Störung des Kupferstoffwechsels. Bei dieser Erkrankung lagert sich Kupfer in verschiedenen Organen ab, darunter auch in der Cornea. Dies führt zur Ausbildung des charakteristischen Kayser-Fleischer-Rings, eines braun-gelblichen Rings an der peripheren Cornea, der durch die Ablagerung von Kupfer in der Descemet-Membran entsteht.

Rheumatoide Arthritis und andere Autoimmunerkrankungen wie der Systemische Lupus Erythematoses

(SLE) können ebenfalls zu cornealen Veränderungen führen. Hier sind häufig entzündliche Prozesse in der Cornea zu beobachten, die sich als Keratitis, Episkleritis oder Uveitis manifestieren können. Ein weiteres Beispiel ist die Fabry-Krankheit, eine seltene lysosomale Speicherkrankheit. Betroffene Patienten zeigen oft corneale Veränderungen in Form einer sogenannten „cornea verticillata“ oder Wirbelhornhaut. Diese Veränderungen resultieren aus der Ablagerung von Stoffwechselprodukten in den epithelialen Zellen der Cornea.

Dies ist nur eine kleine Auswahl von möglichen systemischen Erkrankungen. Eine komplette Liste wurde von Shah et al 2021 [6] veröffentlicht und ist - in englischer Sprache - über diesen QR-Code aufrufbar. Insgesamt bietet die Untersuchung der Cornea wertvolle diagnostische Hinweise auf verschiedene systemische Erkrankungen. Veränderungen der Hornhautstruktur oder Funktion können oft erste Anzeichen einer systemischen Krankheit sein und sollten sorgfältig untersucht und bei Verdacht auf eine systemische Ursache weiter abgeklärt werden. Dieser letzte Abschnitt hat zwar keinen direkten Einfluss auf die Brillenglasbestimmung und den Verkauf einer Brille, kann aber für die betroffene Person teils lebensrettende Dimensionen annehmen.



## Diagnostische Verfahren zur Untersuchung der Cornea

Die Untersuchung der Cornea ist ein komplexer Prozess, der verschiedene diagnostische Methoden umfasst. Jede dieser Methoden untersucht unterschiedliche Aspekte der Cornea, um ein umfassendes Bild ihrer Gesundheit und Funktionsweise zu erhalten.

**Spaltlampen-Biomikroskop:** Das Spaltlampen-Biomikroskop dient als primäres Diagnoseinstrument bei der klinischen Untersuchung der Cornea sowie der

# Untersuchungsablauf mit der Spaltlampe

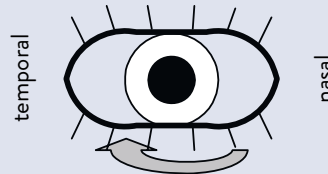
Lider und Wimpern: diffuse Beleuchtung, geringe Vergrößerung

1. Patient soll das Auge schließen



Untersuchung des Oberlides und der Wimpern

2. Patient soll geradeaus schauen



Untersuchung des Unterlides und der Wimpern

Conjunctiva: direkt fokale Beleuchtung mit mittelbreitem Spalt, geringe Vergrößerung

3. Patient soll nach oben schauen, dabei das Unterlid herunterziehen



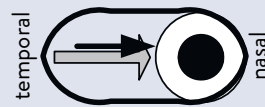
Untersuchung der inferioren tarsalen und bulbären Conjunctiva

4. Patient soll nach unten schauen, dabei das Oberlid anheben



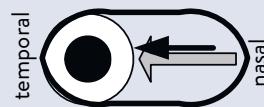
Untersuchung der superioren bulbären Conjunctiva

5. Patient soll nach links schauen



Untersuchung der temporalen bulbären Conjunctiva

6. Patient soll nach rechts schauen



Untersuchung der nasalen bulbären Conjunctiva

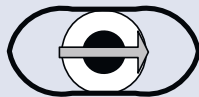
Beurteilung der Cornea: direkt fokale Beleuchtung mit schmalem Spalt und optischer Schnitt, mittlere bis hohe Vergrößerung

7. Patient soll geradeaus schauen



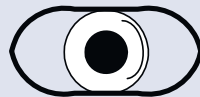
Temporale Messung des Kammerwinkels nach Van Herick

8. Patient soll geradeaus schauen



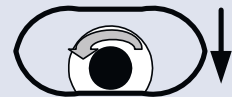
Untersuchung der zentralen Cornea

9. Patient soll geradeaus schauen



Nasale Messung des Kammerwinkels nach Van Herick

10. Patient soll nach unten schauen, dabei das Oberlid anheben



Untersuchung der superioren Cornea

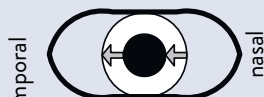
11. Patient soll nach oben schauen



Untersuchung der inferioren Cornea

Iris: diffuse Beleuchtung, mittlere Vergrößerung

12. Patient soll geradeaus schauen



Iris abschnitten

Linse: direkt fokale Beleuchtung mit schmalem Spalt und optischer Schnitt, mittlere Vergrößerung

13. Patient soll geradeaus schauen



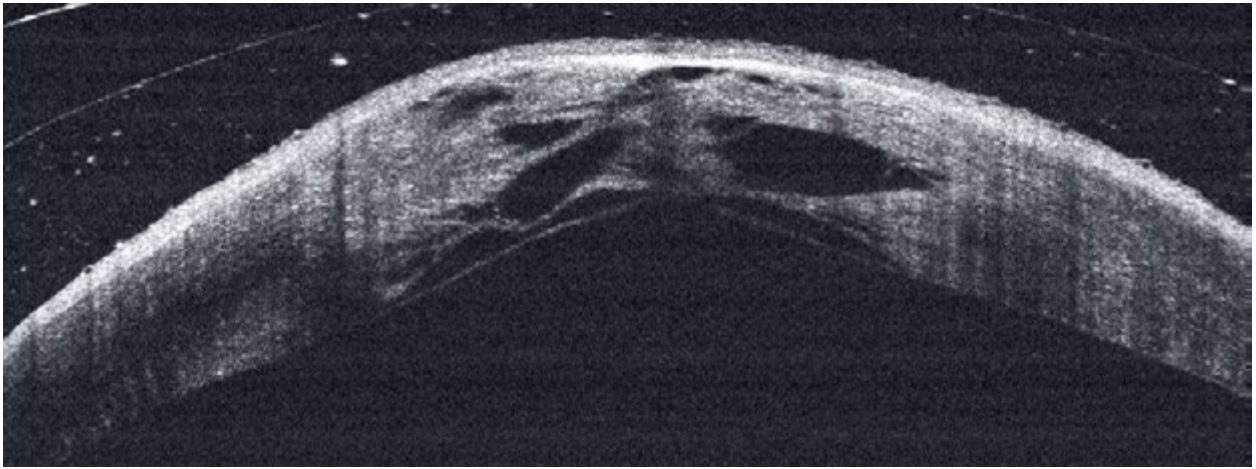
Temporal mit schmalem Spalt beginnen und von vorne nach hinten betrachten, dann von temporal nach nasal scannen, anschließend nasal von hinten nach vorne betrachten. Mit dem optischen Schnitt wiederholen

Bei der Untersuchung des linken Auges ebenfalls dem angegebenen Schema von temporal nach nasal folgen

\* ↑ Bewegung des Patienten Auges



Bewegung der Spaltlampe (bei Erreichen des Hornhautapex die Beleuchtungseinheit schwenken)



Akuter Hydrops bei Keratokonus

äußeren Strukturen des Auges und der Adnexe. Um konsequent alle Strukturen des vorderen Augenabschnitts zu untersuchen, ist es empfehlenswert, einem definierten, immer gleichen Ablauf der Beleuchtungseinstellungen und Vergrößerungen zu folgen. [7] Meist wird von aussen nach innen mit immer höher werdenden Vergrößerungen untersucht. [8] (siehe auch Grafik auf Seite 63)

Bei der diffusen Beleuchtung wird der Lichtstrahl auf seine größte Öffnung aufgeweitet und bei geringer Vergrößerung und reduzierter Intensität gehalten. Wenn das Licht tangential einfällt, werden Oberflächenveränderungen durch die Erzeugung von Licht und Schatten verstärkt. Feine Abweichungen von der normalen Topografie werden so deutlicher erkennbar. Die direkte Beleuchtung kann konjunktivale Veränderungen wie Chemosis, Follikel und Papillen hervorheben.

Die Beleuchtung mit breitem Lichtstrahl und unterschiedlichen Vergrößerungen kann helfen, undurchsichtige Läsionen sichtbar zu machen, die Licht reflektieren oder absorbieren können. Diese Technik kann bei der Beurteilung der Strukturen des vorderen Augenabschnitts von der Cornea bis zur Iris von unschätzbarem Wert sein.

Im optischen Schnitt lassen sich die Hauptschichten der Cornea mit großer Präzision deutlich erkennen. Darüber hinaus kann ein schmaler Strahl verwendet werden, um das Vorhandensein von Zellen und Trübungen in der Vorderkammer zu erkennen. Zellen und Trübungen lassen sich am besten vor dem Hintergrund der dunklen Pupille erkennen.

Spiegelreflexe stellen die normalen Lichtreflexe dar, die von einer Augenoberfläche zurückgeworfen werden. Die wichtigste Anwendung der spiegelnden Reflexion ist die Beurteilung des Endothels. In der Regel ist eine 25- bis 40-fache Vergrößerung erforderlich, um einen klaren Blick auf das Endothelmosaik zu erhalten. Zelldichte und -morphologie können beurteilt werden; Guttae und Präzipitate erscheinen als nicht reflektierende dunkle Bereiche.

Die indirekte Beleuchtung kann einzigartige Informationen liefern. Bei dieser Beleuchtungsmethode wird der Lichtstrahl auf einen Grenzbereich des zu untersuchenden Areals gerichtet. So kann beispielsweise ein eingebetteter Fremdkörper, der durch eine Gewebereaktion verdeckt wird, besser dargestellt werden.

Die sklerotische Streuung macht sich das optische Phänomen der internen Totalreflexion der Cornea zunutze. Bei einer normalen Cornea erkennt man ein Lichtring um den Limbus, aber die Cornea bleibt dunkel. Bei einer abnormalen Cornea beleuchtet das an der Sklera reflektierte Licht eine Anomalie.

Bei der Retrobeleuchtung der Iris werden sowohl die direkte Beleuchtung als auch die indirekte Retrobeleuchtung kombiniert. Die Grenzfläche zwischen hellem und dunklem Hintergrund formt das Licht so, dass durch die Retrobeleuchtung Details sichtbar werden. Beispiele für Pathologien, die sich am besten durch Retro-Illumination zeigen, sind Falten in der Descemet-Membran und die linearen stromalen Hornhautveränderungen bei der Lattice-Dystrophie. Die Retrobeleuchtung der Iris und der Linse kann Irisdefekte aufzeigen, die bei glaukomatösen Erkrankungen wie dem Pigmentdispersionsyndrom und dem Pseudoexfoliationssyndrom auftreten.

**Topographie und Tomographie:** Die Topographie und Tomographie der Cornea sind wesentliche diagnostische Werkzeuge in der Augenheilkunde, die detaillierte Informationen über die Form, Dicke und strukturelle Integrität der Cornea liefern. Diese Technologien ermöglichen das Erkennen verschiedener Auffälligkeiten, die auf unterschiedliche Erkrankungen und strukturelle Anomalien der Cornea hinweisen können. Eine der häufigsten Auffälligkeiten, die durch die Cornea-Topographie erfasst wird, ist der Keratokonus. Neben dem Keratokonus kann auch die Pellucide marginale Degeneration (PMD) diagnostiziert werden, eine seltenere Erkrankung, die durch eine Verdünnung der unteren peripheren Cornea gekennzeichnet ist. Im Gegensatz zum Keratokonus zeigt die PMD ein charakteristisches „Kissing Birds“-Bild in der Topographie. [9]

Die Cornea-Tomographie, die auch die Pachymetrie (Messung der Hornhautdicke) umfasst, ermöglicht die Erkennung von Veränderungen der Hornhautdicke, die auf verschiedene pathologische Zustände hinweisen können. Eine Verdünnung der Cornea ist ein zentrales Merkmal des Keratokonus und der PMD, während eine Verdickung der Cornea beispielsweise bei Fuchs-Endotheldystrophie beobachtet werden kann. Diese dystrophische Erkrankung des Hornhautendothels führt zu einer gestörten Flüssigkeitsbalance in der Cornea, was zu einer Verdickung, begleitender Hornhauttrübung und, im fortgeschrittenen Stadium, zu bullöser Keratopathie führt.

Zusätzlich ermöglicht die Tomographie die Beurteilung von Cornea-Narben und Dystrophien. Zum Beispiel zeigen Patienten mit Cornea guttata, einer frühen Form der Fuchs-Endotheldystrophie, in der Tomographie oftmals verdickte Hornhautschichten mit unregelmäßigen Oberflächenkonturen. [10] Die anterior-optische Kohärenztomographie (OCT) ermöglicht es, die mikroskopischen Strukturen der Hornhaut in hoher Auflösung darzustellen und so subtile pathologische Veränderungen zu erkennen, die bei der klassischen Scheimpflug-Tomographie nicht entdeckt werden können.

**Endothelzelmessung:** Die Endothelzelmessung der Cornea ist eine weitere diagnostische Methode in der Augenheilkunde, die essenzielle Informationen über die Gesundheit und Funktionsfähigkeit der innersten Schicht der Cornea liefert, des Endothels. Das Endothel spielt eine entscheidende Rolle bei der Aufrechterhaltung der Transparenz der Cornea, indem es für die Regulation des Flüssigkeitsgehalts im Stromagewebe verantwortlich ist. Eine Dysfunktion dieser Zellschicht kann zu Ödemen und Trübungen führen, was die Sehfähigkeit erheblich beeinträchtigen kann. Das Endothel besteht aus einer einzelnen Zellschicht, deren Zellen nicht in der Lage sind, sich zu regenerieren. Dies macht die quantitative und qualitative Analyse der Endothelzellen besonders wichtig.

Die Endothelzelmessung ermöglicht die Bestimmung der Endothelzellendichte, der Zellgröße (Polymegathismus) und der Zellform (Pleomorphismus). Eine der Hauptindikationen für die Endothelzelmessung ist die Beurteilung der Fuchs-Endotheldystrophie, einer degenerativen Erkrankung, die durch den fortschreitenden Verlust von Endothelzellen gekennzeichnet ist. Die frühzeitige Diagnose und Überwachung durch Endothelzelmessungen ist daher entscheidend, um rechtzeitig therapeutische Maßnahmen wie eine Hornhauttransplantation in Erwägung zu ziehen. Darüber hinaus ist die Endothelzelmessung essenziell bei der Beurteilung von Cornea-Transplantaten nach einer Keratoplastik. Die Überwachung der Endothelzellendichte im Transplantatgewebe ist entscheidend, um die langfristige Funktionalität des Transplantats zu beurteilen und mögliche Abstoßungsreaktionen frühzeitig zu erkennen. [11] Gerade bei der Versorgung mit Sklerallinsen sollte eine vorgängige Endothelzelmessung vorgenommen werden, um den Endothel-Status nach der Anpassung der Sklerallinsen laufend überwachen zu können. [12]

## Fazit und Diskussion

Die Cornea-Gesundheit ist essenziell für das Sehvermögen und den Schutz des Auges. Die Untersuchung der Cornea ist entscheidend für die Diagnose und Behandlung von Augenerkrankungen. Eine reine Refraktion zur Brillenglasbestimmung ohne Spaltlampenuntersuchung greift da viel zu kurz. Verschiedene diagnostische Methoden ermöglichen eine umfassende Beurteilung der Cornea, und ihre Ergebnisse sind oft komplementär. Probleme der Cornea können nicht nur das Sehen beeinträchtigen, sondern auch die Gesundheit des gesamten Auges gefährden. Eine regelmäßige Überprüfung der Cornea trägt entscheidend zur Erhaltung der allgemeinen Augengesundheit bei und ist ebenso ein wichtiger Beitrag, um systemische Erkrankungen früh erkennen zu können.

## Unsere Top Jobs



**Augenoptikermeister  
(m/w/d)**

Optiker am Mehringplatz

📍 Berlin

Weitere Jobs unter  
[doz-verlag.de/stellenanzeigen](https://doz-verlag.de/stellenanzeigen)

Literaturverzeichnis online unter  
[doz-verlag.de/Downloads](https://doz-verlag.de/Downloads)



**Michael Wyss**

*M.Sc. Optometrist FAAO, ist Geschäftsleitungsmitglied der Eyeness AG in Bern. Neben der täglichen Arbeit als Optometrist ist Wyss zusätzlich Lehrbeauftragter im In- und Ausland. Er ist für zahlreiche Industriepartner in der Forschung oder als Berater tätig. Daneben hält er Vorträge und Workshops oder schreibt Artikel. Zusätzlich ist er Gutachter für Peer-reviewed-Publikationen. Wyss ist Mitglied des SBAO und der American Academy of Optometry.*